

土木研究所資料

第19回地質担当者會議資料

昭和61年 3 月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1986 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

第19回地質担当者会議資料

地質研究室室長 桑原啓三
埼玉大学工学部教授 芥川真知
水資源開発公団試験所地質試験室室長 中村康夫
地質研究室主任研究員 平野 勇

要旨 昭和60年12月13日に開催された第19回地質担当者会議で行われた講演のうち以下のものが収録されている。

1. 特別講演
 - 1-1 土木における地質調査のあり方
2. 一般講演
 - 2-1 第四紀断層調査
 - 2-2 共通仕様書, 指針, 基準等の問題点
 - 2-3 指針基準等の検討——ボーリング——

キーワード：地質調査・第四紀断層・共通仕様書・基準・指針・ボーリング・柱状図・地質担当者会議

目 次

ま え が き	1
議 事 次 第	3
出 席 者 名 簿	4
開 会 の 挨 拶	6
技術審議官挨拶	7
土木研究所所長挨拶	10
閉 会 の 挨 拶	12

議 事

1. 特別講演

1-1 地質の側からみた土木と地質の接点	15
----------------------------	----

2. 一般講演

2-1 第四紀断層調査	27
2-2 共通仕様書, 指針, 基準等の問題点	57
2-3 指針基準等の検討——ボーリング——	75

ま え が き

地質担当者会議は、昭和42年度より地質調査上の問題点の解明、技術情報の交換および地質調査方法の統一等を課題として、今回で第19回を迎えるに至った。この間、河川砂防基準（案）・道路土工土質調査指針・トンネル技術指針・ルジオンテスト施工指針（案）・リップラップ材の耐久性判定基準（案）・グラウチング指針等、地質調査に関連する基準や指針類の作成に貢献し、また、ダム・トンネル・のり面・軟弱地盤の地質工学的問題点の検討、海外の事例紹介を行ってきた。

会議では、「特別講演」が1件、「一般講演」が4件行われた。

「特別講演」は埼玉大学工学部芥川教授により「土木における地質調査のあり方」と題し、土木工学と地質学との接点についていろいろな面からのお話があった。

「一般講演」ではトピックス的な話題として、「第四紀断層調査」、「長野県地附山地すべり」、また本年より地質調査基準等の見直しを本担当者会議で行うことになり「共通仕様書、指針、基準等の問題点」、具体的な検討として「指針基準等の検討——ボーリング——」について講演が行われた。

「第四紀断層調査」では、第四紀断層の性質、断層の調査法とその問題点について述べられた。

「長野県地附山地すべり」では、昭和60年7月26日に発生した地附山地すべりの実態について報告された。

「共通仕様書、指針、基準等の問題点」では、各地建・公団で用いられている共通仕様書および岩の分類、のり面、地すべり等に関する指針・基準等の問題点の提起が行われた。

「指針基準等の検討——ボーリング——」では、ボーリング柱状図の記入法およびコアの取り扱い、保管法についての提案がされた。

なお、今回より関係各公団からも御参加頂くことになった。

ここに当日提出された資料と討議内容をまとめて、今後の参考に供しようとするものである。

昭和60年3月

建設省土木研究所地質研究室長 桑 原 啓 三

第19回 地質担当者会議議事次第

1. 日 時 昭和60年12月13日(金) 10:00~17:00

2. 場 所 東京都港区虎ノ門4-1-1 東京農林年金会館

3. 会議次第

1) 開 会 10:00~10:05 土木研究所 地質化学部長 蒨 田 実

2) 挨 拶 10:05~10:20 大臣官房 技術審議官 杉 山 好 信

挨 拶 10:20~10:30 土木研究所 所長 富 永 正 照

3) 議 事

① 第四紀断層調査 10:30~11:15

水資源開発公団 試験所 中 村 康 夫

② 長野県地附山地すべり 11:15~12:00

土木研究所 砂防部長 藤 田 寿 雄

(昼 食) 12:00~13:00

③ 特別講義“土木における地質調査のあり方” 13:00~14:00

埼玉大学 教授 芥 川 真 知

④ 共通仕様書, 指針, 基準等の問題点 14:00~15:00

土木研究所 地質研究室 桑 原 啓 三

⑤ 指針基準等の検討“ボーリング” 15:00~16:55

土木研究所 地質研究室 平 野 勇

4) 閉 会 16:55~17:00 土木研究所 地質官 大 木 達 夫

第19回地質担当者会議出席者名簿

機 関 名	所 属 職 名	氏 名
本 省	大臣官房技術審議官	杉 山 好 信
	大臣官房技術調査室技術調査官	西 修二郎
	建設経済局建設機械課課長補佐	高 島 一 彦
	河川局河川計画課水理調査官	中 村 靖 治
	河川局河川計画課課長補佐	猪 股 純
	河川局開発課水源地对策室課長補佐	品 川 正 典
	河川局防災課審査係長	武 田 和 博
	河川局防災課	佐 藤 寿 光
	国土地理院	長 岡 正 利
	地理調査技術開発室室長	鈴 木 勝 義
国 土 地 理 院	地理第一課地理第一係長	庄 司 浩
	地理第二課調査第一係長	市 川 慧
	東北地方建設局	西 村 大
東北地方建設局	河川部河川調査官	京 極 正 昭
	技術管理課課長補佐	飛 田 忠 一
	河川計画課第二係長	山 田 博 道
関東地方建設局	技術管理課安全施工係長	八木澤 和 人
	技術管理課	清 水 力
	宮ヶ瀬ダム工事事務所調査係長	荒 谷 光 夫
北陸地方建設局	湯西川ダム工事事務所調査係長	村 江 信 行
	道路工事課課長補佐	牧 野 裕 至
	高田工事事務所副所長	白 江 健 造
	北陸技術事務所副所長	澤 田 憲 文
中部地方建設局	河川計画課	工 藤 隆
	浜松工事事務所計画係長	荒 川 晟
	長島ダム工事事務所工事係長	本 永 輝 治
近畿地方建設局	猪名川工事事務所工務第二課長	亀 山 忠
中国地方建設局	弥栄ダム工事事務所調査設計課長	三 浦 三 郎
四国地方建設局	技術管理課検査係長	津 沢 正 晴
九州地方建設局	企画部環境審査官	中 島 修
	河川部建設専門官	
	河川部河川計画課計画第二係	

機 関 名	所 属 職 名	氏 名
北 海 道 開 発 局	土木試験所地質研究室主任研究員	鈴 木 哲 也
	土木試験所地質研究室研究員	本 館 静 吾
日 本 道 路 公 団	技術部	石 川 芳 治
首都高速道路公団	計画部調査課	遠 山 定 夫
		宇佐美 定 雄
阪神高速道路公団	工務部設計課技術係長	古 池 正 宏
水資源開発公団	地質試験室室長	中 村 康 夫
	技術管理室副参事	住 谷 稜 生
土 木 研 究 所	所長	富 永 正 照
	次長	村 上 順 雄
	研究調整官	成 田 信 之
	地質官	大 木 達 夫
	企画部ダム計画官	尾 作 悦 男
	企画部企画課調査係長	護摩堂 満
	地質化学部部長	蒔 田 実
	地質化学部地質研究室室長	桑 原 啓 三
	“ 主任研究員	平 野 勇
	“ 研究員	稲 崎 富 士
	“ 研究員	脇 坂 安 彦
	“	阿 部 昌 彦
	“	長 沢 政 和
	ダム部部長	藤 本 成
	ダム部ダム構造研究室室長	藤 沢 侃 彦
	砂防部部長	藤 田 寿 雄
	砂防部砂防研究室	下 東 久 己
	砂防部地すべり研究室研究員	石 黒 互
	砂防部急傾斜地崩壊研究室主任研究員	本 田 孝 夫
	機械施工部土質研究室主任研究員	三 木 博 史
	構造橋梁部基礎研究室室長	大志万 和 也
	新潟試験所研究員	白 石 一 夫

開 会 の 挨 拶

土木研究所地質化学部長 蒔 田 実

皆さん、おはようございます。

今年もあと半月余りを残すばかりとなりましたが、皆さんには大変お忙しい中をお集りいただきまして、誠にありがとうございます。御陰様でこの地質担当者会議も第19回を迎えることとなりました。この会は昨年の18回まで年々盛んになりまして、参加者が100名を越えるまでになりました。これでは会場の手配などがうまくいかないということで、今年は各機関に人数制限の御無理をお願いしまして、66名の御参加を頂くこととなりました。

本日は午後からの芥川先生の特別講演を始めとし、最近の地質に関する話題を議題として用意させていただきました。限られた時間で大変恐縮ですが、この時間を有意義な御意見の交換の場としていただけたら幸いです。

それでは只今より、第19回地質担当者会議を開催致します。

挨拶

大臣官房技術審議官 杉山 好信

技術審議官の杉山でございます。

今日は19回目と言うことで非常に伝統ある地質担当者会議でございますが、今、蒔田さんからお話がありましたように、最近の諸問題を含めて地質に関連することをお話したいと思います。

まず、建設技術の開発という面で、一昨年に第2の諮問機関であります建設技術開発会議がありました。その中で地質に関係する部分だけかい摘んで申し上げますと、土石流の危険渓流の判定、危険区域推定方法、土石流発生予測手法、災害と地形地盤とに関する評価手法、地すべり危険地帯の作成、斜面崩壊予測手法、地盤と構造物の練成作用を考慮した耐震設計法、トンネルでは坑口付近の不良地盤における施工技術の合理化、軟岩・破碎岩の劣化特性推定法、軟岩岩盤の力学特性の推定法、岩盤の透水性判定法、軟岩・破碎岩の評価法など技術開発の方向のテーマが提案されているわけです。このような面についても、土木研究所を中心に各関係機関の現場における研究技術開発への取り組みを期待する次第でございます。

詳しく申し上げませんが、コンクリートの耐久性の面でアルカリ骨材反応問題、反応性骨材の問題には、国を上げて取り組んでいるのですが、各機関におかれましても、深い関心を持って取り組んでおられると思います。我国に適した判定試験法の確立を含めてこれへの取り組みが、非常に急務な問題として望まれております。

昨年、建設大臣の諮問機関であります先端技術活用懇談会を設置していただきまして、建設技術関係における先端技術の活用について検討をしていただいております。非常に膨大な内容でございますが、簡単に御紹介しておきます。情報関連技術としては、ニューメディアを活用した警戒避難情報の伝達、リモートセンシング技術の活用による被災情報の収集、レーザー測距技術およびリモートセンシング技術の活用によるなだれや土砂崩れの分布・予知、光ファイバーセンサー等のセンサー技術の活用による道路の交通管制基準の整備向上などがあります。また、高齢化社会の渡来に対応するための住宅の石油備蓄システムと総合エレクトロニクスに関する技術開発への取り組みなどもあります。それから建設技術に関するデータベースと情報センターということで、11月15日に財団法人総合建設事務センターが設立されました。

メカトロニクスの面では建設工事のロボット化の問題、危険作業や人の入れない場所の作業等でのロボットの活用問題などがあります。それと建設用パワーレーザーの開発等で、これから社会資本ストックが増えてまいります。単に維持改善ということに留まらず、施設更新の面までどんどん入っていくわけです。このような面で構造物の解体、リフォームにレーザーの活用があります。

バイオテクノロジー関連では、新排水処理システムへの取り組み、新素材関連ではコンクリートの耐久性あるいは建設関係の基礎資材への取り組みがございます。鉄、コンクリートといったような基本材と新素材を組み合わせる基本材の持つ難点を改良していこうということです。以上のような先端技術、開発

技術の取り組みの中に地質も関係あるわけです。

それから今後の先端技術活用を含めて建設技術開発を進めて行く中での制度的な取り組みの面に若干触れさせていただきます。1つは共同研究制度の充実と一言でございます。研究機関と民間との共同研究につきまして、今年の夏、共同研究制度の改正を致しました。民間と国の受け入れ機関、特に土木研究所、建築研究所、国土地理院で共同研究をするものですが、今年は地理院を除いて建築研究所と土木研究所で13課題、延べ85社との共同研究が決っております。バイオテクノロジー、コンクリートの問題、ジオテキスタイル・新素材面で土質関係、耐震地盤改良関係、粘土鉱物等を含有した骨材を用いたコンクリートの劣化に関する共同研究あるいは道路劣化等への新素材の活用等というような共同研究があります。さらに来年度から考えていますが、民間あるいは研究所で開発された新技術についてパイロット事業制度を取り入れるという方針です。これは現場を選び、開発された新技術を改善していくというようなテーマの取り組みをさらに一歩進めた形のものであります。安全性あるいは工期等いろいろなものを含めて改善すべき点、仮に経費が普及されている工法よりも余分にかかったとしても、改善すべき点をめざして新技術を現場に応用していくということを考えているわけです。

これから予算編成に向かうわけですが、この機会に最近の予算の状況を若干御説明しておきます。55年度以降、6年続けて国の予算が抑制されており、最近2年間はマイナスというような状況でございます。我々もいろいろな工夫をこらして事務費プラス6%の要求を致しておるわけです。およそ14兆円の事業費の要求をめざしております。道路作製問題、流通制の問題等いろいろな問題点があります。これから予算編成に向けまして我々も最大の努力をしなければならないのですが、最近、公共事業、社会資本整備の必要性が強調されています。

予算は大蔵省がまとめているわけですが、最近の情勢として4つの均衡があるようです。1つは貿易の不均衡ということです。2つめは財政の不均衡ということで、国債予算高が130兆円位というように国の予算の2倍以上の借金をかかえているということです。また、民間には金がだぶついていてアメリカを含めた海外への資金輸出が財政を抑制しております。このような悪循環を繰り返しているということがあります。3つめは大都市圏と地方の所得の格差ということです。55年度まではどんどん格差が縮小していたのですが、55年度以降、また格差が拡大する傾向にきているというアンバランスがあるわけです。4つめはストックの不均衡ということです。55年度以降民間の設備投資はどんどん増えてきているのですが、政府固定資本形成は横ばいもしくはダウンというような条件にあるわけです。当面の問題として内需拡大、21世紀に向けての社会資本整備の重要性と一言することで、今言いましたような取り組みをしていくことによって、この4つの問題が解決できるというのが、我々の主張でございます。また、生産年齢人口比率がどんどん低下していくわけで、余力のある現在、社会資本整備への取り組みをますます真剣にやっていくかなければならないという認識でおります。

皆様方は、地質関係の専門の方ばかりではなく、地質に関連したいろいろな仕事をなさっていると思うのですが、1つの専門的な仕事をされていても、世の中の変化や周囲の情勢に目を向けていただきたいと思います。そういう情勢の中で、自分の仕事への取り組みを考えていく必要があるだろうと思います。

これから21世紀に向けて、経済社会のいろいろな変化が急速に進んでいるということは、皆様方よく聞かれていることと思いますが、私なりに整理してみますと、7つ程あると思います。1つは技術革新という問題です。これは先程も申しました先端技術等を含めて、我々が考えておかなければならないこれからの変化だと思います。2番目には産業構造あるいは経済のソフト化、サービス化がいわれておりますが、大量生産時代から多品種・少量生産というような方向に変わってきています。物についても量よりも質ということ、竹村健一氏はさらにそれよりも味ということで、量よりも質さらに味と言ってます。幸か不幸か、商品の生産でデザインのソフト化を含めて異様な取り組みがなされていますが、我々の分野においてもやはり機能オンリーではなく社会資本制度が、求められていると思います。3番目に情報化、CBCワークといいますか、先程、先端技術の方で情報の話をしましたが、河川情報センターの設立などに建設省も取り組んでいます。情報化という中で、建設技術関係のデータベース化への取り組みも大事でございます。また、本屋へ行っても新しい雑誌がどんどん創刊されているという情報洪水の中で、我々がいかに必要な情報を吸収していったらよいのか、逆に情報を捨てること、どういうものを捨てるのか、また、どのようにしたら捨てることによって身につく情報が選別されて来るのかというようなことをそれぞれが考えていかなければならないと思います。4番目に国際化ということです。国内だけにとどまらず、いろいろな面で国際的なつながりの強化が、ますます大事になってきます。それから長寿化、高齢化というものが5番目にあります。長寿化という言葉を使う人もありますし、高齢化という言葉が一般的に使われていますが、我々の工業施設の整備方策へ、人間の行動様式も考えに入れた取り組みが必要になってきます。6番目に都市化というようなことも言われています。都市の環境の整備と言うのはますます大事になってくるわけです。7番目に人々の意識の変化と言うことですが自然、文化、健康などへの国民の思考が変わってきております。このような面で、我々の周囲の仕事についても、先程、申しました努力の質というような取り組みがますます大事になってきます。このような世の中の変化は、我々の仕事に大いに関係あるわけで、こういうことも念頭におきながら、それぞれの仕事に取り組んでいく必要があると思っております。

今日はいろいろと盛り沢山の議題がありますが十分御討論いただき、この会議が有意義に終ることをお祈りしまして、挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

挨拶

土木研究所所長 富永正照

土木研究所の富永です。

本日の第19回地質担当者会議に全国から担当の方がお集りになり、情報の交換あるいは仕様書・基準等についてディスカッションされることは、非常に有意義なことではなかろうかと思います。皆様方には活発な意見の交換をしていただきたいと思います。

地質の関係では、従来、ダム、トンネル、長大橋の基礎、又は道路における軟弱地盤のような問題につきまして調査が行われてきた訳です。最近では風水害による斜面災害、地震による地盤液状化あるいは大規模な斜面崩壊のような問題もおきております。また、火山の噴火に伴ういろいろな問題、さらには最近のコンクリートの劣化の問題に関連しまして材料としての岩石や鉱物を調べるというように地質の業務もずいぶん広がってきているように思われます。風水害につきましては、島根災害もありましたし、火山や地震の問題につきましては、御岳の大規模な地すべり崩壊や桜島の泥流というようなもう少し大きな問題もあります。また、地震に関連しましてはプレートの問題、あるいは日本の地質構造と地震との関係などの問題もあります。

それから先程もお話にありましたが非常に国際化が進んでまいりました。今までは災害というと国内の問題でしたが、この頃は災害の方もインターナショナル化しましてメキシコあるいはコロンビアなどで災害が起きますと日本も災害防止に関連した技術的援助をしなければならない情勢になってきております。

このように、従来型の地質調査とただ今申し上げました風水害などの地質分野とでは、それぞれアプローチの仕方が違ってくるかと思いますが、やはりこれから取り組んでいかなければならない分野であろうと思います。

ところで私は地質の問題についてはまったくの素人ですが、土木研究所におりますので地質の専門の方とよく話をします。地質の専門の方は経験が豊かであり、その経験にもとづいて最終的に重要な判断をされています。よく名人芸という言葉が使われますが、そういう名人芸を持っておられる方が地質関係にたくさんおられるように思われ、常々敬意を表している次第です。ただ、このような経験豊かな方は多数必要でございますが、その一方では知識を体系化しまして一般にも通用するようにすることが非常に重要ではないかと思えます。

先程審議官からいろいろ地質に関連した技術開発のテーマがあるというお話がありました。この点にしましてはまだ、土研での取り組みも十分ではありませんので多くの御意見も頂き、また皆様方と一緒に今後、積極的に取り組んでいかなければならないと考えております。

私が頂いた地質関係の資料によりますと、地質調査に使われている費用は発注ベースでだいたい1,200億円とあります。そのうち国関係が約30%で地方が35%、民間が35%とだいたい1/3位ずつ行われています。

国の30%の中味を申し上げますと、だいたい建設省関係が半分でございます。地質調査も全国ベースで見ますと相当な規模で実施されていると感じます。また、その中で建設省がかなりのウェイトを占めているように思われます。従いまして地質調査の方法もいろいろ工夫致しまして、調査が、有効に行われていくということが非常に重要だろうと思います。

本日のプログラムを拝見しますと、共通仕様書や指針基準等の問題点などがいろいろ議論されるようで、これは先程も申し上げましたような地質調査の体系化ということに非常に関連があるものだと思います。また、芥川先生からは特別講演といたしまして地質調査のあり方についてお話もあるようです。非常に限られた時間ではございますが皆様方には活発な御意見の交換を頂きまして、この会が大きな成果をあげて終了するようお願いを致します。

閉 会 の 挨拶

土木研究所地質官 大 木 達 夫

それでは時間もございませんで、簡単に締めくくらせていただきます。

午前中の第四紀断層関係につきましては、ひとつの工学的評価を与えたものでありまして、まだ実績も少なく調査法も完全に確立されたものではございません。これからケーススタディを積み重ねていく必要があると思います。第四紀断層に遭遇するケースは、それ程多くはありませんが、そのような事態がありましたら、本省、土研等と相談していただいて調査等を進めていただきたいと思います。これはとりあえずダムの場合ですが、他の分野の方も、考え方等を参考にいただければ幸いです。

次に藤田砂防部長から長野県地附山地すべりの紹介をしていただきました。地すべり、崩壊等を含めまして事象の起る予測という点で非常に難かしさがあるわけです。この点に関しましては芥川先生のお話にもありましたように、計器による計測管理と申しましうか、計測の手法、計器等の開発も考えていかなければなりません。また、現場におきまして、こういった面での努力をお願いしたいと考えております。

芥川先生のお話につきましては、特に私からのコメントを控えさせていただきますが、今日のお話を汲んでぜひお話にあったようなものの考え方で取り組んでいただければと思います。

最後の仕様書関係は今日のところは、問題点の指摘に留まっておりますが、その中で特にボーリングにつきましては、今日御議論いただいた結果をふまえて、さらに土研内でも検討致したいと思います。これに関しましては、本省等の行政ベースを通じまして問い合わせ、確認を致した後、正式に運用、実施になるかと思えます。その節はよろしくお願い致します。

それから今日はボーリング関係に話題を絞ったわけですが、前半にありました地質調査関係の仕様書などの共通的な問題は、継続的な課題として取り組んでいきたいと思えます。いろいろな分野についてその分野の方々に御議論いただき、それらを踏まえて検討させていただきたいと考える次第でございます。

本日は長時間にわたり、御熱心に御討議をいただき大変ありがとうございました。また、芥川先生はじめ話題を御提供いただきました皆様に厚く御礼申し上げて閉会の挨拶とさせていただきます。

1. 特別講演

1. *Introduction*

2. *Methodology*

3. *Results*

4. *Discussion*

5. *Conclusion*

1-1 地質の側からみた土木と地質の接点

埼玉大学工学部

教授 芥 川 真 知

この地質担当者会議がはじまったのは、もう何年前のことでしょうか。

私がまだ在任中のころ最初の地質担当者会議を開かせていただきましたが、大体どういう方々に御参集願えばいいかというようなことから、実のある会議にするには何人ぐらい集まればいいのかというようなことまで色々悩みました。軌道に乗ってしまうまでが大変で、2年目、3年目ぐらいはつつい間を開けてしまったことがございます。そういうことで、手さぐりで細々と動き出したわけでございますが、今こうやって、第19回目の会議で沢山の方々が集まっていらっしゃるのを拝見しますと、その間の時代の流れを感じますと共に、これだけ盛大になるまでにお骨折りいただきました方々の御努力に対して、心から敬意を表わしお礼を申しあげる次第でございます。

さて、きょうここで話をさせていただくに当りまして、演題を何にするかというお話が大木さん、桑原さんからございました。実は何をお話し申し上げたらいいのか、最近のこの会議の雰囲気を知らない私には余りよくわかりませんでした。

そこで私なりに考えまして土木の方々に対しての地質の話。一般地質の話といえますか、土木地質の概論みたいなことや境界分野からの注文や将来の展望についてお話ししようかと思います。

さて、このような話のとりかかりとして、まず第一に、「土木工学と地質学の接点」という問題について少しお話ししたいと思います。

そこで両方の専門の方々に際立ってはっきりあらわれている相違点は、将来予測と申しますか、将来にどういうことが起るかということに対する物の見方、考え方の相違であろうかと思います。土木の場合は、現在という1つの時点がありまして、その時点から事柄は始まります。その時点で色々の初期条件がインプットされると、それから先の状況が次々とアウトプットされてくるという仕組みになっております。

そうなりますと、インプットする方の情報は、時間的ベクトルが的確に、定量的にとらえられていなければ、アウトプットがちゃんと出てこないということにもなります。従ってインプットを的確にする方法が発達してきたように思います。

これに対しまして、地質の方は、常に時は流れ時間と共にベクトルが変っているわけでございます。現在という時点は、過去の延長上にある。そしてまた、将来につながっている、変化する流れの中の一つの断面。単なる一つの時間断面であるというふうに考えるわけでございます。

そうしますと、将来を考える場合に、現在是一个の流れの中の一点でありまして、むしろ過去を未来へ向って延長する、外挿するという立場をとるわけでございます。

そうしますと、過去を時系列的にどれだけはっきり読み分けるかということが最も大切になるわけがあります。残念ながら過去についての時間の物差しが、地質学的時間と我々の生活時間とでは多くちがっている訳でして、そのために、過去の地質学的現象が、現象としては正確にわかり将来に引きつがれていくことがわかっていても、我々の生活時間に間に合うような時間精度で将来予測することはかなり難しいことが多いのです。

一方で、土木の場合の初期条件というものは、往々にして、過去の出来事を十分理解しないと、ベクトルのインプットを間違えることが起ります。特に、長期の準備期間を持つ為に突発的に見える出来事、過去

から間欠的に起っている出来事、あるいは非常に周期の長い現象に対しては、インプットがなかなか的確にいかないという欠点を持っております。

それに対して、地質的なやり方というのは相当長い時間を見ておりますから、将来起るであろう現象、或いは必ず起る現象の予測や、可能性の予測については、すぐれた点を持っていると思います。ただし、可能性の予測だけは、エンジニアリングにはならないので、そこにはどうしても、将来の時間予測というものが必要になってきます。

ところが、先ほど申しましたように、時間予測をするために我々が従来持っていた時計は、生物時計です。つまり、進化の法則にのっとった時間計測であります。これは前後がわかるだけでして、絶対値としての時間はわかりません。それでは困りますし、かつまた、我々の生活時間——幾らでもない我々の生命の持続期間内を予測するためには、種の保存期間をもとにした時計を使うのでは、どれだけの意味があるかということに、一つ悩みがあります。

すなわち、時間単位のとり方、はかり方をもっとしっかりやらなければならないというのが、地質的手法からの一つの命題になってくるわけであります。

ところで、地質の方から考えますと、一番新しい時期即ち、第四紀は、ほぼ200万年以前からこちらということになります。これは地質学的には最新の、ごく短い時間でありますけれども、我々の生活時間から言うと、まだまだとても長過ぎます。しかし、その200万年の間をはかるにさえ、もう既に生物時計では間に合わなくなっておりますし、また、絶対時間を測らなければならないという必要性からも、いろいろの物理学的な時計が使われるようになってきております。

先ほど、中村さんが活断層の話をなさったわけですが、活断層といいますのは、我が国で一般に使われている定義からしますと、200万年この方、運動したことのある断層ということになります。そういう地質学的には短い、そして生活時間からみれば非常に長い時間をはかるために、いろいろの時計が使われるようになってきております。時計の改良には、いろいろの工夫がされました。あるいは前にお話が出たかもしれませんが、例えば過去の火山の爆発によって、日本じゅうかなり広範に降った火山灰の噴出時間測定というようなことがあります。あるいは過去の暖かい時期に化学的風化を強く受けてできた赤色土の色調にいろいろの場所で得られた既知の地質地形データを組合せ、これらから過去の時間を読み取るというような方法も使われるようになってきております。あるいは過去の気候変動と地形形成を時計としてうまく利用するとか、また、地球磁場の変動をうまく利用する方法も使われてきています。あるいはまた鉱物内電子のスピンを異常を調べるとか、放射能鉱物の減衰から調べるというような方法がいろいろ使われてきておりますけれども、まだまだそういう方法では将来予測に十分対応できるような絶対時間の精度を持っていません。土木と地質をうまくドッキングさせる最も重要な鍵の1つが、どんな場合にでも適用できる必要な精度を持つ時計の開発であり、それはもはや地質側ばかりではなく、より多く物理学の研究者に期待する事態になっております。

これから先は、そういう時計の開発と共に、地質学的な近過去から歴史時代にかけての地学的な事象を正確に解析して、過去を現在へとつなげていかなければならないでしょう。こうして、過去を将来につな

ぐということは、いろいろの地学的な事象の規則性、不規則性を求めてその事象が将来再起する可能性を探るということになりましょう。地学的な事象の多くは我々の生活時間からみれば極めてロングレンジなので、生活時間だけをみていると見落してしまいます。しかし、時に致命的な破局をまねくものがあります。土木の方々にもこういうロングレンジの時の流れの中にある現象をみつめる眼をもっていただきたいのです。

その1つの例として、今申しました活断層の問題があります。活断層というのは、地質の側から言えば、非常に新しい過去に起った断層運動であります。その背後には地殻変動を予想しております。将来また起るかもしれない断層運動を予測しようというのが土木地質の問題でありますけれども、長い過去を背負った地殻変動の大勢からごく短い将来を予測するということになりまして、そういう点で、なかなかまだうまくいかないのがゆい問題が出てくるわけであります。

例えば中村さんの資料の中に、「活断層分布」があります。これをみますと、この活断層分布が近畿地方から中部地方にかけて非常に密に分布しているというデータが出ております。なぜ近畿・中部地方に活断層が多いのでしょうか。

これには一つは、プレートの動きと関連しているという説明があります。太平洋プレートが東から西へ押しつける。それから西日本では、南の方から北の方へ向ってフィリピン海プレートの動きがある。その合わさるところが、ちょうど近畿から中部地方あたりで、そこに活断層が沢山みられるという考え方があります。

また一方では、こういう活断層の多い地域というのは、よく固結した基盤が出ている地域でありまして、したがって、その基盤の出ていない東北地方などでは、地表では軟かい表層の変形の方があらわれて、活断層の分布が余り明瞭に出てこないというような点も、また見逃すことができません。

そうなりますと、東北地方にありますような活褶曲の問題。あるいは地表では褶曲あるいは撓曲というような形態をとっているけれども、基盤では断層であるというようなものも場合によっては正確に把握しておかなければならないというようなことになるわけであります。

過去から将来へつながっていく現象は断層運動に限らず、第四紀特に後期のいろいろの現象、気候の変動やこれらの結果おこる地形変化、表層材料の移動などを広く総合的に理解してかからなければならないということになるわけです。

過去から眺めますと、間欠的に、あるいは断続的に起っている現象というものがあります。今の断層運動などもそうでありますし、火山活動などもまたそうでありますが、その再起の時間予測が重要であります。

「富士山は将来爆発するかどうか」ということを聞かれたら、「爆発するであろう」と答えるのが正解であります。ただし、富士山が爆発するということに対して、時間が入っていないから、正解なのですが、いつ爆発するかということになりますと、それに答えられる人はいません。

けれども、やはり富士山は将来爆発するでありましょうし、浅間山も将来爆発するでありましょう。そういういつかは爆発するということを頭の中に入れて、もろもろの計画をたてなければならないわけです。

時間の目盛りが入っていないからといって無視してはいけません。さきほどお話した活断層についても同様です。やがてそこに時間目盛りを入れなければならないと同時に、それまでの間、正確な知識を持っていない自然現象にどう対応していくか、一つの哲学が要求されているように思います。

遠い過去を出発点にする現象としては、地すべりなどもそうであります。現在の地すべり現象は、今すべり始めた、あるいはつい近過去に動き出したというものは非常に少ないと言われております。地すべり中の埋れ木のデーティングなどから、過去に地すべりが頻繁に起った時代があることがわかっております。そういう頻繁に起った背影として、過去に風化が激しかった時期があることが挙げられています。風化は常に起っておりますけれども、気候変動によってそれが激しいときも激しくないときもあります。また化学的風化が強い時も物理的風化が強いときもあります。その上地盤が隆起していく過程ですと、風化したものが削剥されてなくなってしまいます。

ですから、地すべりが起りやすい状況というのは、気候変動のほかに、地殻変動にもまた結びついているわけであります。そういうふうな断続的な動きの組合せの解析から地すべりの出現の時点を推定しているのですが、ここに1つの落とし穴があることに気を付けなければなりません。その落とし穴というのは、我々が過去に眼を向けている時、我々の時間感覚は遠い過去ほど、実際の時間ではなくて、それを対数的に縮めて感じてしまうことです。遠い過去では点のように見える時間長さが、実はかなり長い期間であることです。今ならば100年に1度しか起らない現象が10万年前に同じ生起確率でおこっているとしたら、ずいぶん頻繁に起ったように見えるでしょう。100万年前ならなおさらです。過去を見る眼にはこういう点も要求されます。

そういうもののほかに、過去のいろいろのイベントが既に完全に終わってしまっているけれども、その影響がいまだに残っているものがあります。先ほど申しました気候変動などは、これに該当するでしょう。

例えば現在見られる顕著な風化層の多くは過去1,000万年ほどの間の温暖期に間欠的に形成され、一部削剥によって消失したもので、現在進行中の風化の影響は微々たるものです。もっともこれは化学的風化のこととして、物理的風化はいささか趣を異にします。寒冷による物理的風化即ち凍結による岩石の細片化は化学的風化の1/10位の期間にやはり間欠的に、しかし強力に起ったものと思われれます。

硬岩では、水がしみ込んだ岩の割れ目の中でその水が凍結してクサビの作用を起しまして、大きい岩盤がブロック状にはがれる。それが河床や山腹を埋めてしまうという現象、「岩の海」と言われております。そういう現象が、北海道や東北地方中部山岳地域に起りました。これが多雨期にはげしい土石流を起したでしょうし、現在の土石流の原料になってもあります。現在見られる土石流痕跡の中にはこういう古いものも少なからずまじっている筈です。そういう現象が最近だんだん明らかになってきているわけであります。

大抵の国で、地質学は鉱山地質に先導されてやがて地質学的としての体系を整えていっております。しかしながら、土木地質学は地質学の発展によって多くの養分を得ているのが一般です。逆に土木地質学の方が先行して、地質学がそれによって開発されていった例もないわけではありません。その最も代表的な例が第四紀学であろうかと思っています。第四紀学が急速に進んだ背景には、土木地質の面でサウンディングやボーリングがたくさん実施され、平野部の地下の状況が定量的ないしは半定量的に把握されるよう

になりました。そういうことから、地上に余り露頭のない、又乱されないコアのあがりにくい海岸平野の第四紀の地質が研究されていったわけです。

この我が国での第四紀地質学の幕明けは、関東震災の後で、関東平野の地盤調査が組織的に実施された時でありました。地盤調査の目的で被害の大きかった下町を中心にたくさんのボーリングが打たれて、地下の埋没谷の様子などがはっきりわかってきたのです。それは被害状況の解析に役立ったと同時に、それによって海岸平野の形成史をまのあたりにすることができたのです。

そういうことによって、やがて第四紀地質学が発達していったわけではありますが、当時そういう地質調査をやっていた方は、実は自分達の調査結果を第四紀学へ発展させることをされておられません。当時はまだ化石時計だけしかなかった時代なので第四紀は全く地質学の興味の対象外だったのです。ボーリング資料から第四紀地史が読み取れることに気がついて第四紀地質学を進めたのは、もっと後世の人であったわけであります。

そういうふうにして、第四紀地質学が進んでまいりまして、今では、逆に土木地質が第四紀地質学からいろいろのことを学ぶ順番になってきております。東京湾横断橋基礎の地質調査も、第四紀地質学の発展があったからこそ、あれだけの成果が得られたわけでありまして、また、軟弱地盤に関する工学的な判断ができるのも軟弱地盤の形成についての知識が先行しているからであります。

さて、現時点で土木地質学が第四紀学に何を学ぶべきかを考えますと、これから先の問題としては、我が国では特に地表の堆積物、風化層に残されている気候変化の役割をもっと考えなければなりません。同時に、第四紀の地殻変動の問題をもう少しよく調べなければならないと思われまふ。

そういう現象を判読するのに、地形学が非常に重要な役割をしております。気候変化、中でも寒冷気候の役割は、地形学的な手法によってわかるわけではありますが、この他、遷急線の読み取り（遷急線から上は風化及び緩みが進んでいる）もまた山岳地帯の土木をやる上では、重要な調査手法になってきております。例えば四国の脊梁山脈では山地部の上の方にかなり明瞭な平坦面を持っています。祖母谷に入る道路は遷急線を切ってその上・下の地形がよく見えますが、上の方の平坦面には地すべりが見事に発達しています。その下には、又見事なV字谷があって、そこでは硬い新鮮な岩が出ているということが見られます。この現象は何も四国脊梁に限りません。日本の山地部では、どこにでもある現象です。

私、きのう大井川の長島ダムサイトの付近を一廻りしてまいりましたが、あの付近でみますと、そういう遷急線が、河床から100メートル、200メートル及び400メートルというようなところに幾つか見られます。そして下の方では、割に岩が締まって緩んでいないけれども、上の方に行くと非常に緩んでおります。

大井中流部では、一番上部の平坦地形面では、地すべり性の大崩壊が起ります。そのかわりに極めてまれにしか起りません。それは、平坦面上は十二分に緩んでしまっておりますために透水性が非常によくなっていて、通常の雨量では間隙圧の上昇が起りません。その為地すべりや崩壊は起りません。しかし、斜面上のもう少し低い位置では、その水が中間流出を起します。ちょうどそういうところに遷急線が位置しておりますと、そこでは崩壊が非常に盛んになります。そういう緩みは、幾つかある遷急線毎にその程度が変わることから考えますと、地盤の不連続的な隆起に対応していることを意味しております。

こういう問題は、今申しました中部の山岳地帯や四国脊梁ばかりではありませんで、日本全国地盤の急上昇しているところでは、緩みがはげしいのですが、褶曲軸、特に隆起軸の付近では、河床下まで緩んでしまっているというような現象が見られます。この現象はダムサイトの選定にも重要な意味を持っております。隆起帯特に背斜軸に沿っているところでは、地下深くまで緩みがみられます。山腹に手をつけると、崩壊が起るといような、現象が見られるからであります。ということから、今後山地部での最新の地盤の運動の見直しをしなければならないと思います。

近頃地理の方々を中心にした地形学連合という一つの学会組織ができていますが、これは最近目覚ましい業績を上げてきていると思います。この地形学連合が標榜しておりますのは、地形あるいはもう少し広義に解釈しまして、地形ができる営力に関する計測を重要視しようという点であります。

例えば風化や削剝がどのぐらいの速度で進んでいるとか、あるいは斜面が形成されるのはどんな過程をふんでいるかということ、今までのような定性的な見方だけではなく、定量的にとらえていこうという動きをしているわけであります。

そういう地形計測は、少しずつではありますが、だんだんとデータの積み上げがされてきております。こういうデータの積み上げは学問の発達という点でたいへん大事なことです。建設省は、土木の分野でもそれが、やりやすい立場に立っていると思うのであります。ご協力のほどお願いします。

そういうふうな地形計測が進んでまいりますと、地質屋の苦手としております定量的な物の表現、考え方が、新しい時代についてはもう少し進んでいくものであろうかと思ひます。このこともまた、これからの課題として考えなければならないでしょう。

例えば斜面におけるクリープの測定、あるいは崩壊や地すべりの記載が正確にされていくと、削剝、侵食の時系列的定量的把握も夢ではなくなります。

更に、土木地質という観点から、独自に解明していかなければならないテーマがあります。例えば風化です。地表に構造物をつくらうという場合に、風化帯は避けて通れません。化学的な風化も、物理的な風化も含めて、風化現象の解明、風化帯の成因、歴史性だけではなく、風化の定量的な計測・表示が将来重要な課題になりましょう。

話題を少し変えましょう。

調査・工事完了後に何かのとりまとめをする時は勿論ですが、先行した調査・工事を参考にしたい場合や維持管理段階で何かあった時には、調査記録・工事記録がよく保存されていなければなりません。そのためには、記載の方法を全国的にあるいはあるグループ毎に取りきめておくことは大切なこととなります。

とは言っても、ここで気をつけなければならないことは、ボーリング1つをとってみましても、そのボーリングは何かの目的を持って実施されているわけでありまして、その目的によって、ボーリングの記載の内容、あるいは掘り方さえもが違ってきて当然であります。何の目的にでも合うというのは、実際にはありません。従ってあるボーリングデータが別の目的に100%役に立つこともまたないんだということを考えた上で記載法の統一又は類別を進めていただきたいのです。例えば掘削用水、孔壁の洗浄についての記

述と透水度の対応を考えて頂ければ私の言いたいことがわかっていただけるでしょう。

そして、実施されたボーリングのデータのファイリング、あるいはデータベースの作成ということも、1つのボーリングを多面的に利用するという観点からは、大変重要なことでありますが、データベースの作成が重要視されている反面、調査というのは目的別になされているんだということをよく考えて、うまく類別するようにしないと折角データを集めても利用したい項目に対しての精度がまちまちで最低線にそえざるをえなくなって、むだばかり多くなるということも起ろうかと思えます。

それから工事記録なども後に続く人の為に又維持管理の段階で重要なものでありますが、これも悪口を言いますと、工事誌の中で、「いざというときによく見返して見て、役に立つものはほとんどない」というようなことが言われます。私も言った覚えがあります。これは工事の進捗が急速になったこと、転勤が多いことにもよるのでしょうが、汗みどろの苦戦の跡をきれい事にまとめていくという面が、そうさせているように思えてなりません。

この夏の事です、ある所で話をしなければならぬ必要があって、丹那トンネルの工事記録を詳細に見る機会がありました。その工事誌を見て、私は非常に感激しました。こんな厚い本でありますけれども、14年間にわたる大工事の、どこでどういう困難に出会った。そしてそれを乗り越えるためにこういうことをした。その結果はこうであったということが、失敗も含めて非常に克明に書かれております。

これを見ますと、当時、もう現在使われております工法のほとんどは既に使われております。ダイヤモンドボーリングからニューマティックケーソンというようなものまで、すべてそのときに試みられております。それから工事中に関東地震と北伊豆地震の二つの大地震に見舞われ、北伊豆地震では明瞭な地震断層がトンネル内にあらわれました。断層によるトンネルのくいちがいの克明な観測記録が残されており、今でも世界的に貴重な記録です。工事にかける心は昔も今も変わりません。何か1つでも魂のにじみ出た記録、後世の人を感動させる工事誌をつくっていただきたいものだ、と、願う次第でございます。

最後に1つ建設省の事業のすすめ方とかなり対照的な例として原子力発電所のやり方についてお話します。

原子力の発電所をつくるについては、それに反対する一部の人の強い声があります。そういう中で、我が国では、既にもう恐らく30%近くの電力が、原子力から得られているものと思います。こういう場に行政を進めるための試みがなされました

一つは、公開ヒアリングです。これは電力会社だけではありません。行政庁として通産省がまず公開ヒアリングを行います。それに次いで、科学技術庁もそれを行うというような、二重の公開ヒアリングを経て、又一次・二次の安全審査にも住民方の意見が十分取り入れられるような形がとられています。従って、安全審査が実施方針に対しての種々の批判にも応えるという立場で行われているわけであります。

これはある意味では、重要なことでありまして、常に白日のもとに身をさらす習慣をつけていけば周囲の批判に耐える物ができ上っていくという、このシステムは、忘れられ易い大事な一面を我々に見せているように思えてならないのです。

ということになると、どのサイトにも通用する最も詳しい調査が1つの基準のようなものになり、地

質調査本来のケース・スタディ的要素が除々に薄れてくることになります。原子力サイトでも地震源としての活断層の調査と、モデル計算のためのモデル作成用の調査が主体となり、後者がとかく基準化され機械的になってしまう傾向があります。基準化は試験法とか調査手段の細目で行われるべきもので思考を短絡させる為のものではありません。

最後に言い忘れておりましたが、地質分野では一部を除いて計測が苦手です。土木地質の分野は工学的な試験法は良いのですが、計測による地質調査は一部の物理探査位しか行われておりません。ほかの分野で発達したテクニックをうまく自分達のものとしても使えるような、例えば石油とか鉱山とかというようなところで発達したテクニックを、自分のところでも使えるようにするというような努力もまた必要であろうかと思います。

準備不足で、話が尻つぼみになって十分意をつくせなかった事をお詫びします。

御静聴を感謝します。

2. 一般講演

東 亞 經 濟 學

2-1 第四紀断層調査

— ダム建設と第四紀断層 —

水資源開発公団試験所

地質試験室 室長 中 村 康 夫

1. はじめに

我国は太平洋、フィリピン海、ユーラシアおよび北米の各プレートが会合する世界でも有数の変動帯に属しているので、地殻活動が非常に活発である。このため、多数の断層や褶曲が複雑に分布しているが、断層の中にはいわゆる“活断層”と呼ばれる地質学的に極めて近い過去に活動し、将来も活動する可能性のあるものが存在する。

いわゆる“活断層”問題は、1960年代後半以降マスコミにしばしば取り上げられて来ている。それは、“活断層と大地震”という表現に示されるように、“活断層”の活動が地震発生の原因と考えられているからである。また、“活断層”という語感から、活火山のように、日常的に活動しつつあるものという印象を受けるからであろう。しかしながら、“活断層”という用語は本来、地球の歴史約45億年というタイムスケールを扱う地質学の分野で用いられてきたものであり、高々数100年の時間単位を問題とする土木工学の分野にはなじまない。すなわち、“活断層”の活動は、短くとも数万年の時間単位で営まれる地質現象の1つであり、集中豪雨や崖崩れ等の災害とは趣を異にしている。したがって“活断層”の活動のような稀な事件を、そのまま日常生活の時間尺度に当てはめて考えることは不都合である。しかしながら、1983年日本海中部地震及び1985年東京における震度Ⅴの地震の発生、あるいは近い将来発生が予測されている東海地震との関連等から、現状では、地質学的時間単位の問題がそのまま日常生活レベルの問題として取り扱われており、混乱を生じている。これは、“活断層”の実体について未解明な部分が多く、将来の活動に関しても明確な予測が困難なためである。したがって、実際の社会生活に密接な関連を有する土木工学分野では、“活断層”の評価は非常に困難な問題の1つとなっている。¹⁾

土木工学の分野で“活断層”が設計に考慮されるには、“活断層”から発生する地震の規模、変位量、発生時期等が明らかにされなければならない。しかしながら、このような問題に関して現状ではほとんど明らかにされていない。このため、各種土木構造物の設計にあたっては極めて慎重な試行錯誤的調査がなされている。ダム建設にあたっては、いわゆる“活断層”の問題に関しては従来十分注意を払って来ており、断層活動に伴う地盤の変位によってダムが被害を受けた例は報告されていない。また、今後とも万が一にもそのような事態を生じてはならない。このような情勢をふまえ、建設省は、ダム建設における第四紀断層の取り扱い方の指針を策定するため、昭和55年度より学識経験者等による検討委員会を設置し、審議を重ねた結果、昭和59年5月に“ダム建設における第四紀断層の調査と対応に関する指針（案）”（以下指針（案）と略）としてとりまとめた。さらに昭和60年12月現在、第四紀断層の調査法を中心とする同指針（案）の解説書を作成中である。本文は同書の内容の概略および最近明らかにされつつある第四紀断層の特性について紹介するものである。

2. 用語の定義と問題点

2.1 関連用語の概念

一般に、“活断層”は空中写真判読によって抽出される。この場合、種々の判読要素のうち、写真上に認められる線状の模様がまず最初に注目される。これをリニアメントと呼び、従来“活断層”調査の初期

段階における最も重要な調査項目とされてきた。リニアメントの一部が空中写真上で変位地形を示し、さらにそのうちの一部が現地調査によって、地質学的に比較的最近活動した断層であることが確認されてきた。このため、“活断層”調査の初期段階で、単なる線状の模様として、抽出されたリニアメントに対して、空中写真上における変位地形の有無の確認や現地踏査を行うことなしに、リニアメントが全て“活断層”そのものであるという誤まった判断がされる例もしばしばあった。しかしながら、リニアメントは、空中写真上に認められる単なる線状の模様なので、その成因は多岐にわたっており（例えば、岩脈、変質帯、地層の境界、褶曲軸、海食崖、断層）リニアメントが全て“活断層”である訳ではなく、逆に“活断層”が全てリニアメントとして現われることもない。“活断層”の最も確実な例である地震断層（地震に伴って地表に断層が現われたことが歴史的に記録されているもの）でさえ、リニアメントとして現われている例は少ない。図-1は上述の各用語の関係を概念的に示したものである。

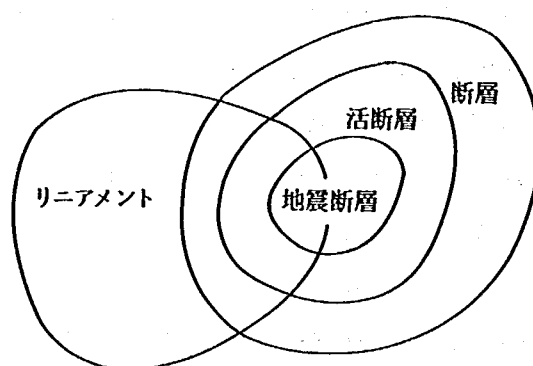


図-1 活断層関連用語相互の関係

2.2 “活断層”の定義

2.2.1 地質学的定義

地質学的には“活断層”は“一般に最近の地質時代に繰り返し活動し、将来も活動することが推定される断層”と定義されている。この定義の問題点は以下の3点に集約される。

- ① “最近の地質時代”とは具体的には何年前か。
- ② “繰り返し活動”したことをどのようにして認定するか。
- ③ “将来も活動する”ことをどのようにして推定するか。

①に関しては一般に第四紀すなわち約200万年前以降という数値が与えられている。これは、大局的にみれば第四紀全体を通じて地殻変動の様式は一定であり、現在の地殻の応力状態もそれに規定されていると考えられるからである。しかし、第四紀地殻変動に関する研究の進展に従い第四紀前半と中、後半とでは変動様式が異なっていることが明らかにされてきた。²⁾従って、地質学的にみても200万年という数値自体に厳密な意味があるわけではなく、ある程度便宜的な値と考えるべきであろう。またこの定義に従うと、後述するように、第四紀後半以後明らかに活動が止った断層も“活断層”に含まれることになるので妥当

でないと考えられる。さらに土木分野で構造物を設計する際に考慮するのは、高々数100年のオーダーであるから200万年という数値をそのまま土木分野に適用することは不適である。

②に関しては層序学的手法により基準層の変位を追跡して判断する以外に手法がない。しかし、これは露头状況が良好な場合にのみ可能なことである。一般には植生や表土の被覆等により完全な露头が得られる場合の方が少ないので、断層活動の反復性を調査することは困難である。このため、トレンチの掘削等によって人工的に露头を出現させて調査する手法が極めて重要かつ有効である。

③に関しては活動度の高い反復性の認められた“活断層”についていくつかの手法が提案されている”に過ぎず、活動度の低い断層の活動時期の推定は現在のところ極めて困難である。従って②の反復性の調査と関連してトレンチの掘削を行い、活動回数及び各活動時期（活動年代）を同定して推定する以外にないと考えられる。しかし、“活断層”の活動年代を求めることは地質学における最も困難な問題の1つである。

以上述べたように、“活断層”を認定するにあたっては①のみでなく、②、③の要件を満足することが必要である。特に工学分野においては③の将来の活動予測に最も関心があるので、②、③の要件を吟味しなければ“活断層”問題を考慮することは出来ない。ところが、②、③の評価の困難さから再活動性を充分吟味せずに“第四紀に一度でも活動していれば活断層である”という主張が時に理学分野の論文にみられることがある。これによれば大規模な地すべりや火山活動による陥没等も全て“活断層”に含まれることになり不合理である。現在最もまとまった資料として“日本の活断層⁴⁾”が刊行されているが、同書による“活断層”の定義は“約200万年前から現在までの間に動いたとみなされる断層”とされているので土木構造物等の設計にあたっては十分な注意が必要である。これは同書の“活断層”認定基準が主として1/4万空中写真判読によっているための限界である。

2.2.2 土地地質学的定義

前述したように土木工学的な関心は“活断層”の将来の活動性に集約される。将来の活動性は最終活動年代の新旧とその反復性（前項2.2.1の①及び②に対応）によって推定できると考えられるから、両者を組み合わせることによって便宜的に“活断層”を定義・分類することが土木関係の各機関によって行われている。

① 米国原子力委員会⁵⁾

原子力関係の施設を設置する場合の基準として、capable fault を以下の条件をひとつ又はそれ以上そなえた断層と定義している。

- 1) 過去35,000年間に1度以上、または過去500,000年間に繰返し活動したもの
- 2) 地震活動が断層と直接関係があるということかなりの精度で計測によって実証出来るもの
- 3) 上記1), 2)で規定する断層に関係するもの

② 国際原子力委員会⁶⁾

原子力関係の施設を設置する際の基準として以下の条件を示しているが、具体的な数値については触れていない。

- 1) クリープをしていることが明らかなものや広域的な地震活動が計測により確かめられているもの
- 2) 第四紀後半に活動した明確な証拠のあるもの
- 3) 地割れ、傾動、地形的なずれが地形的あるいは地質構造的にはっきりしているもの
- 4) 既に“活断層”と認定されている断層に伴うもの

③ Alquist-Priolo Geologic Hazard Zones Act⁷⁾

カリフォルニア州で制定された土地利用に関する規制法であり、沖積世（11000 年前）以後活動した断層を“活断層”としている。またそれ以外で第四紀に活動したものを Potentially active fault と定義している。

④ ニュージーランド地質調査所⁸⁾

50 万年前以後に活動したことの断層を“活断層”と定義し、活動時期と活動回数によりⅠ～Ⅲのランクに分類している。但し過去 5 万年～50 万年間に少なくとも 1 回は活動したことが認められるが、その後 5000 年間に 1 度も活動していない断層は“活断層”とせず Late Quaternary Fault Trace としている。

また、我国の最近の原子炉安全審査の実例によれば、少なくとも過去 10 万年前以降ほとんど活動していないことが綿密な調査の結果判断された断層については評価の対象としない、という点では見解が一致していると考えられる。⁹⁾

以上“活断層”の主な土木地質的定義に関して略述したが、細かな数字上の差異はあるものの理学分野における定義とはオーダーが異なっている点に留意すべきである。

2.2.3 本指針（案）における定義

今まで述べてきたように、いわゆる“活断層”や“リニアメント”という用語は多様に解釈されており、地質学的・土木工学的にさまざまな問題があるため、本指針（案）では両者とも用いないこととした。本指針（案）では、「第四紀（約 200 万年～現在）に地表に変位を生じたことのある断層」を「第四紀断層」、「空中写真等において長く線状に見える模様のうち、地質構造、断層、および浸食等を反映した地形と推定されるもの」を「線状模様」と定義した。以後本文でも“活断層”“リニアメント”という用語は用いず、“第四紀断層”、“線状模様”という用語を使用する。

3. 第四紀断層の分類

第四紀断層の分類に関しては一般の断層のように縦ずれ、横ずれ等による分類の他に注目する特性の相違によって種々の分類が可能である。活動度による分類や確実度による分類は既に広く知られているのでここでは省略する。

土木工学の分野で最も関心があるのは反復性（将来の活動性）である。反復性は活動時期と関連があるので、第四紀断層は少なくとも以下の 4 つの典型的な例に分類出来る。¹⁰⁾

- (a) 第四紀後期の地層を切断し、古い地層程大きく変位させているもの。
- (b) 第四紀前期の地層を切断しているが、第四紀後期の地層を変位させておらず、少なくとも数 10 万年前以降の活動が認められないもの。

(c) 火山地域等によく見られるものであり、ある時期に集中的に活動しそれ以後は全く活動を停止しているもの。

(d) 日本アルプスの稜線付近に多く見られる短い正断層で、山地上部の重力性のずれによって生じたと考えられるもの。

以上のうち、(a)は将来の活動の可能性が最も高く、土木工学的に最も注意すべきものである。多くの、いわゆる第四紀断層の中から(a)のみを抽出出来なければ第四紀断層調査の意味はほとんどない。

(b)タイプの断層は特に大阪層群の分布地域等に見出されているが、これを第四紀断層とみなし、変位量を年代で割って平均変位速度を求めると実際の値よりも小さくなる。第四紀に活動したという観点からは、理学的な定義による“活断層”に分類されるが、最近の数10万年間活動していなければ将来活動する可能性は極めて小さく、土木分野で言う要注意な第四紀断層からは除外した方が妥当と考えられる。

(c)タイプは中部九州の火山地域等に特徴的にみられるもので、大量のマグマ放出後広域的に生じた陥没による正断層や、地下のマグマの移動によって生じた断層等であり、活動の反復性が通常の第四紀断層とは異なっている。このような断層は火山性変動の終止とともに活動も停止するものであるから、土木分野という第四紀断層からは除外した方が妥当である。更にこれらの第四紀断層は一過性のものである可能性があり、その場合には通常の方法で求めた平均変位速度は無意味となる。

(d)タイプは日本アルプスの稜線付近に認められる短い正断層であり、一般的には山地上部の重力性のずれによって生じたと考えられており、いわゆる二重山稜等もこれに含まれる。これは地すべり的な現象であり、典型的な第四紀断層の概念とは性格が異なるものである。

第四紀断層の抽出にあたっては、上記のような分類を行い、土木的には(a)のみを抽出することが望ましいが現状では不可能である。文献4にも上記4種類の“活断層”が分類されずに記載されている例が圧倒的に多い。

4. 第四紀断層の地域性と地質構造¹¹⁾

4.1 第四紀断層の評価に関する注意事項

第四紀断層の地域性について検討する場合、対象とすべき要素には断層型（横ずれか縦ずれか）、確実度、活動度、最終活動年代、長さ、走向、分布密度等がある。このうち、確実度は本質的な要素ではなく、調査の進展に従い消滅すべき項目である。本文では、文献4で確実度Ⅰ（第四紀断層であることが確実なもの）、Ⅱ（第四紀断層であると推定されるもの）、Ⅲ（第四紀断層の可能性はあるが、他の原因も考えられるもの）と分類された線状模様のうち、確実度Ⅲは現地調査により、断層の存在すら否定される例が多い等極めて不確実であり、確実度Ⅱについても判読の個人差が入りやすいので、確実度Ⅰの線状模様に関しのみ検討した。また、活動度の判定にあたっては、対象とする断層が2回以上活動しており、かつその活動年代が求められていることが必要であるが、これらが確認されている断層は極めて少ない。このため、本文は文献4の平均変位速度 S （認定に用いた断層基準の変位量をその形成時から現在までの経過時間で除した値、単位： $m/1000年$ ）によるA（ $10 > S \geq 1$ ）、B（ $1 > S \geq 0.1$ ）、C（ $0.1 > S \geq 0.01$ ）の

分類に便宜的に従った。しかし、このような分類はクリープ性の断層（日本では発見されていない）では有効であるが、日本のように突発的に急激な活動をする断層に対しては不適である。更に、最終活動年代を個々の断層について求めることは現状では極めて困難であるため、検討項目から除外した。

以上の諸要素について、地域性を検討するため、全国を1/5万地形図の1区画（東西約25km，南北約15km）を単位として各要素毎に評価し，地形図上に表示した。

4.2 第四紀断層の地域性

図-2(1)，(2)はそれぞれ，縦ずれ断層，横ずれ断層の分布状況，また図-3，4はそれぞれメッシュ内に含まれる第四紀断層の数，長さ10km以上の第四紀断層の活動度を示したものであるが，いずれも著しい地

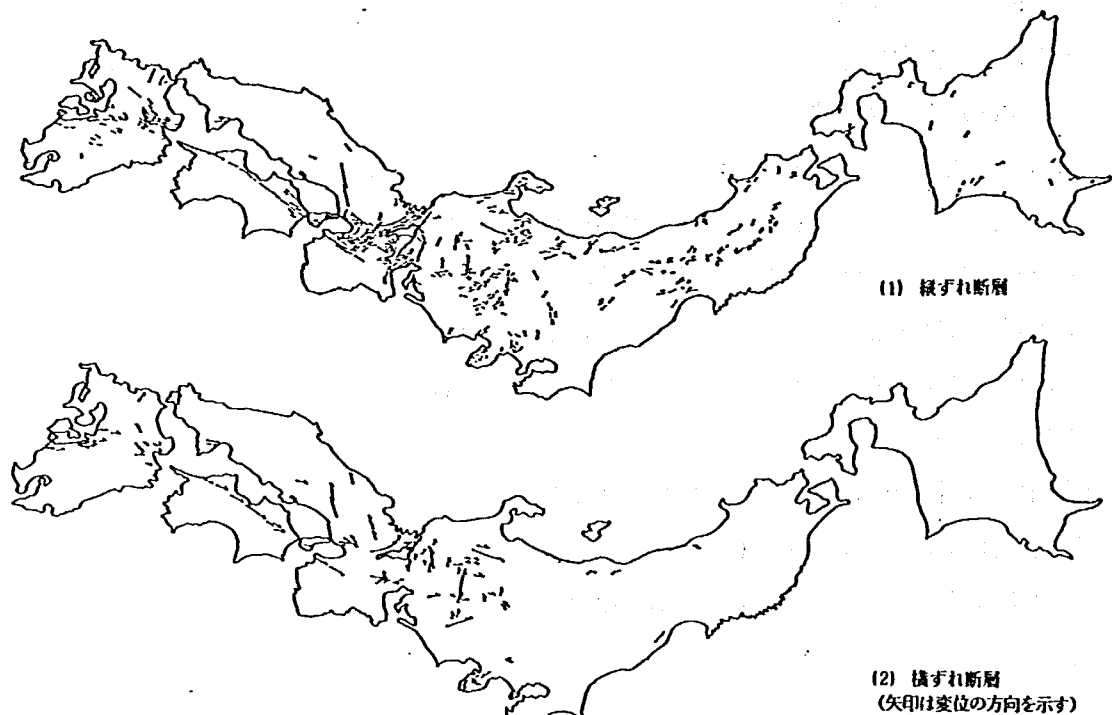


図-2 確実度 I の第四紀断層の分布状況¹¹⁾

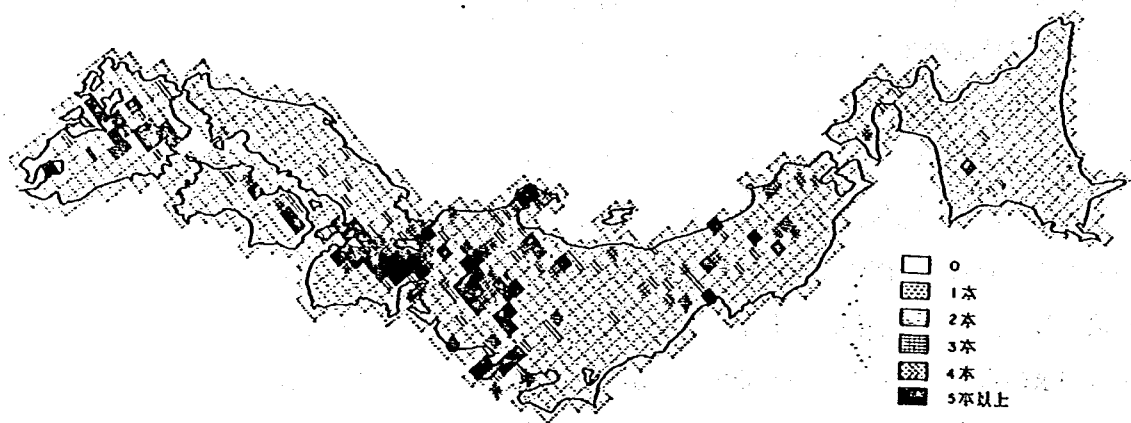


図-3 メッシュ内に分布する第四紀断層の数（第四紀断層密度）¹¹⁾

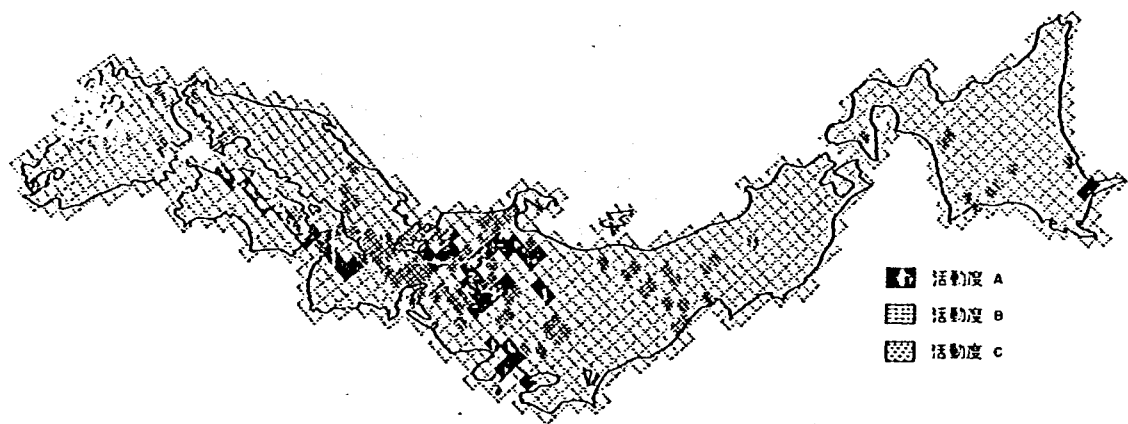


図-4 長さ10km以上の第四紀断層の活動度¹¹⁾

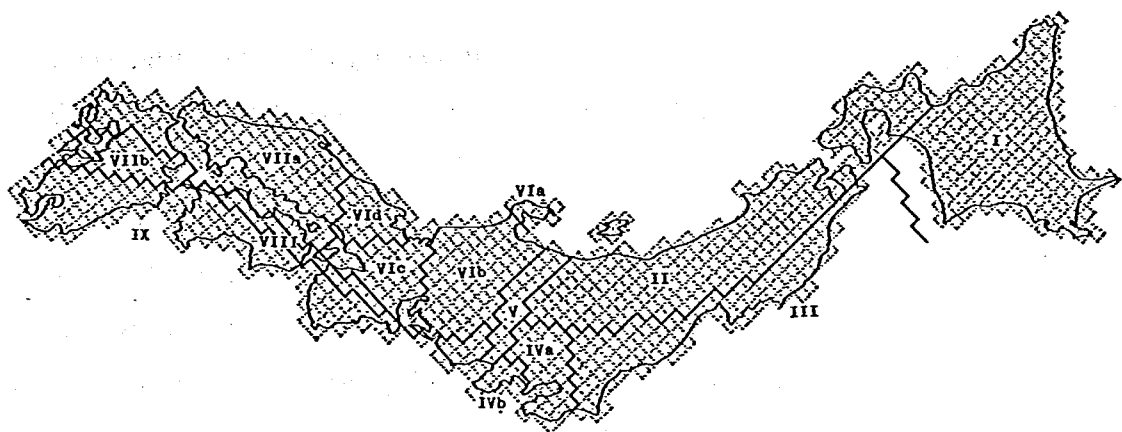


図-5 第四紀断層区(各区の名称および特性は表-1参照)¹¹⁾

域性が認められ、図-5に示すように全国をいくつかの第四紀断層区に区分できることがわかった。表-1は、各断層区に分布する第四紀断層の特性について示したものである。同表の単位(本/メッシュ)は1/5万地形図の1区画当りに分布する第四断層の本数を表わしている。数値欄の第1欄は全第四紀断層の分布密度、第2欄は長さ10km以上の第四紀断層の分布密度で長さに関する特性、第3欄は、A級の第四紀断層の分布密度で活動度に関する特性、第4欄は横ずれ成分をもつ断層の分布密度で断層型に関する特性をそれぞれ表現している。同表より、第四紀断層の地域性に関して以下のことが言える。

第四紀断層が密に分布する地域(第四紀断層密度がほぼ1.0本/メッシュ以上)は伊豆半島周辺、フォッサマグナ地帯、能登半島周辺、中部山地、近畿三角地域、中九州火山地域、中央構造線主部である。以上のうち、フォッサマグナ地帯、能登半島周辺、中九州火山地域は長さの短い縦ずれ断層が密に分布することで特徴づけられる。また、伊豆半島周辺には横ずれ成分をもつ短い断層が密に分布している。更に新第三紀・第四紀の火山地域でありグリーンタフが広く分布する東北日本内帯も密度や活動度は中位である

表-1 第四紀断層（“活断層”）区の特性¹¹⁾

記号	活断層区名	全活断層 (本/マップ)	長さ10km以上の活断層密度 ($\times 10^{-4}$ 本/マップ)	A級活断層の密度 ($\times 10^{-4}$ 本/マップ)	横ずれ成分をもつ活断層密度 ($\times 10^{-4}$ 本/マップ)
I	北海道主部	0.12	0.34	0.19	0.10
II	東北日本内帯	0.59	0.63	0.60	0.04
III	東北日本外帯	0.06	0.19	0	0.09
IVa	伊豆小笠原弧先端部				
IVb	関東山地周辺	0.22	1.21	0	0.49
Va	伊豆半島周辺	4.55	2.73	3.64	14.55
V	フォッサマグナ地帯	1.28	3.60	5.20	1.60
VI	西南日本内帯東部				
VIa	能登半島周辺	1.80	0	0	0
VIb	中部山地	1.19	6.67	1.67	5.00
VIc	近畿三角地域	2.95	8.46	0	6.15
VId	近畿北西部	0.22	1.88	0	1.56
VII	西南日本内帯西部				
VIIa	中国・瀬戸内・北九州	0.12	0.49	0	0.42
VIIb	中九州火山地域	4.48	3.03	0.61	2.12
VIII	中央構造線主部	1.70	7.50	7.00	8.00
K	西南日本外帯	0.18	0.14	0.42	0.14

が、断層の長さは短い。他方、中部山地、近畿三角地域、中央構造線主部には直線的に延びる長大な横ずれ断層が分布している。逆に第四紀断層密度が低い地域としては、北海道主部、東北日本外帯、中国・瀬戸内・北九州、西南日本外帯があげられる。これらの地域では横ずれ断層はほとんど分布していない（横ずれ断層はこれらの地域の他、東北日本内帯にもほとんど分布していない）。また、A級の第四紀断層は、伊豆半島周辺、フォッサマグナ地帯、中部山地、中央構造線主部に集中的に分布している。すなわち、伊豆半島周辺、フォッサマグナ地帯、中部山地、中央構造線主部に集中的に分布している。すなわち、伊豆半島周辺、フォッサマグナ地帯、中九州火山地域等の火山地域を除けば、一般に第四紀断層密度が高い地域では活動度が高く長い第四紀断層が分布し（中部山地、中央構造線主部）、第四紀断層密度の低い地域では活動度の低い小断層が分布し（北海道主部、東北日本外帯、中国・瀬戸内・北九州、西南日本外帯）、第四紀断層密度が中位の地域には活動度、長さとも中位の断層が分布している例が多い（関東山地周辺、近畿北西部）といえる。

4.3 第四紀断層区と地質構造

図-5に示される第四紀断層区の境界は、何らかの地質学的な境界と一致している。例えば、東北日本内帯と外帯の境界は東日本火山帯の火山フロント（火山帯の海溝側の境界）に一致しており、内帯にはグリーンタフが広く分布している。西南日本内帯と外帯を境する中央構造線は我国最大級の第四紀断層であり、第四紀地殻変動区の境界とされている。フォッサマグナ地帯及び中九州火山地域は、地震の起こり方から推定した日本付近の地殻の破碎度区分において、“群発地震及び前震を伴う地震が頻発する高度に破碎された地域”に対応している。伊豆半島周辺は相模トラフ及び南海トラフの陸上延長部によって境されている。この地域の第四紀断層密度が異状に高いのは、太平洋プレートとフィリピン海プレートが衝突しているためであると考えられる。

以上に例示したように、第四紀断層区は日本列島の地質構造と極めて密接な関連をもっており、特に第四紀地殻変動に起因する事項が多い。第四紀地殻変動は基本的には日本付近のプレートの運動に帰着され

るので、第四紀断層区の成因も太平洋プレート、フィリピン海プレート、ユーラシアプレート、北米プレートの相対運動によって日本列島に伝えられる力の大きさ及び方向に求められると考えられるが、詳細は今後の研究に待つところが大い。

5. 第四紀断層と地震

5.1 歴史地震の発生状況

図-6は内陸部に発生した歴史地震の震央を地震の規模別にプロットしたものである。同図より、秋田県西部、関東南部、中部、近畿地方に $M \geq 7.0$ の大規模な地震が集中的に発生している様子がわかる。また、中九州火山地域には $M < 6.5$ の小規模な地震が頻発している。このような地震発生の地域性と第四紀断層の関連を検討するため、各断層区に分布する長さ10km以上の第四紀断層密度と、 $M \geq 6.5$ の地震発生頻度との関係を示したのが図-7である。同図に示されるように、ばらつきはあるが中九州火山地域、中

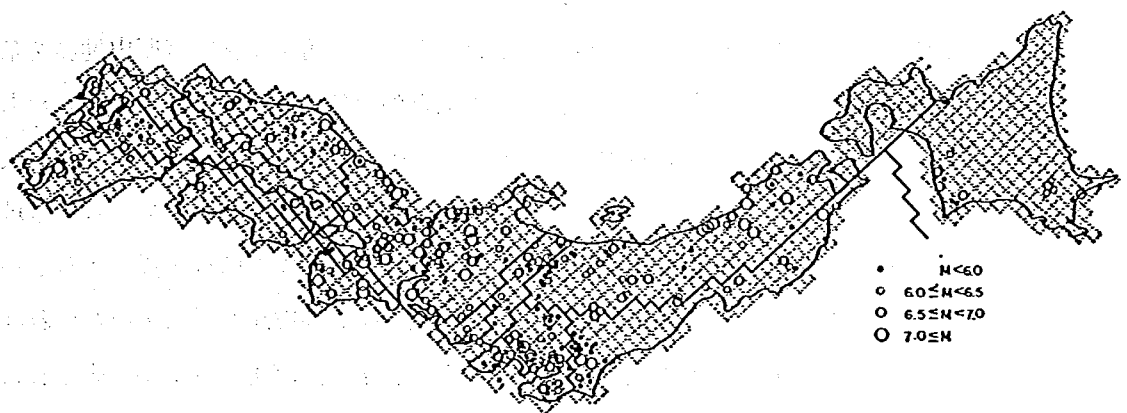


図-6 歴史地震の震央の分布（西暦 679 年 - 1978 年）¹¹⁾

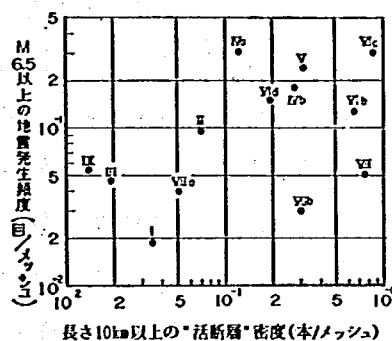


図-7 長さ10km以上の第四紀断層密度とM 6.5以上の地震発生頻度の関係（記号は表-1 参照）¹¹⁾

央構造線主部、中部山地、近畿三角地域は第四紀断層密度が高いにもかかわらず、地震の発生は少ない。また、図示してはいないが、全第四紀断層密度と全地震発生頻度の関係についてもこの傾向が認められる。このうち、中九州火山地域は、既に述べたように火山性の正断層が密に発達し、小規模な地震が頻発する特殊な区域であるが後三者はいずれも第一級の構造線の分布する地域である。また、図-2および図-6を比較すると、鳥根県東部や南関東には顕著な第四紀断層が発見されていないにもかかわらず、地震が頻発していることがわかる。両者とも地震活動について注意を要する地域であり、それぞれ特定観測地域、観測強化地域に指定されている。

5.2 地震活動の予測

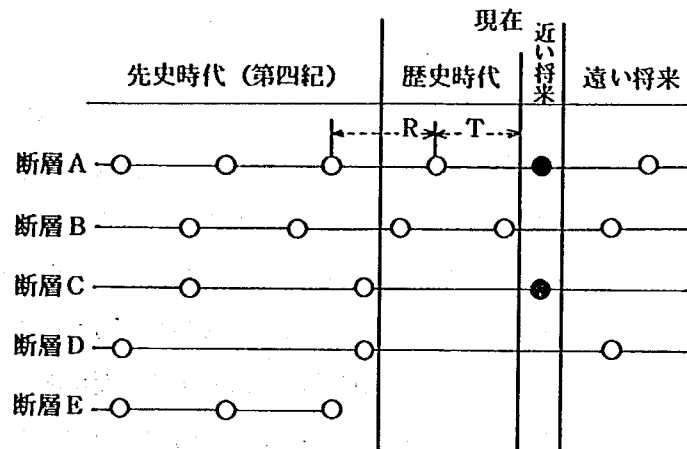
過去の地震資料に基づいて将来の地震活動を予測する場合、以下に示すような全く相反する推測をすることが可能である。

① 歴史地震が発生しているので、近い将来地震が発生する可能性が高い（逆に、歴史地震が発生していなければ、近い将来地震が発生する可能性が低い）。

② 歴史地震が発生しているので、近い将来地震が発生する可能性が低い（逆に、歴史地震が発生していなければ、近い将来地震が発生する可能性が高い）。

①はこれまで地震防災対策上の基礎資料として重要視されてきた“河角マップ”（歴史地震を基礎データとして、将来の一定期間内に発生が予測される地震の最大地震動の分布を加速度値で表現したもの）を代表とする各種地震危険度図に採用されている考え方である。この考え方は、歴史時代に何回も大地震が発生している南海道地域や、大規模な第四紀断層が分布しておらず歴史地震も発生していない地域に関しては成立する。しかし、第四紀断層の活動による地震の発生間隔は一般に歴史時代の長さよりも長いので、活動度の高い第四紀断層が分布している内陸地域では、当該地域に歴史地震が発生していなければむしろ将来の地震発生の可能性は高いと考えた方がよい（②の考え方）。事実、河角マップが公表された後、地震発生の期待値が特に低い新潟県北部に1964年新潟地震が発生したのは、この種の地震危険度図の限界を示したものだと言えよう。このことは、近い将来の地震発生を予測するためには、歴史時代の長さ（古文書等による歴史地震の記録は高々1000年程度）は短かすぎ、地質時代（第四紀）にまでさかのぼって断層の活動周期 R 及び最終活動時期 T を知る必要があることを示している。

図-8は第四紀断層の活動歴と将来の活動(地震発生)の可能性の関係を示したものである。断層Aは歴史時代に活動しているから、近い将来の活動の可能性が高い場合、断層Bは逆に歴史時代に活動しているから、近い将来活動する可能性の低い場合、断層Cは歴史時代に活動していないから、近い将来活動する可能性の高い場合、断層Dは人間生活と断層の活動周期のスケールが異なり、歴史地震が発生していないから近い将来活動する可能性の低い場合、断層Eは定義上は第四紀断層であるが、既に活動を停止したものを示す。このように、将来の地震活動の予測にあたっては、歴史地震の他に、断層の活動周期 R 及び最終活動時期 T （現在までに地震を発生させることなしに経過した期間）の比も考慮することが重要である。しかしながら、トレンチ掘削等特別な場合を除いて、断層の活動周期及び最終活動時期を知ることは極めて困難であり、歴史地震によってのみ将来の地震活動が予測されている現状の学問レベルでは、①、②の考え



図－8 第四紀断層の活動歴と将来の地震発生の可能性

方はいずれも部分的には正しいと言わざるを得ない。

以上のように、歴史地震のみに基づく将来の地震活動の予測は、特に第四紀断層が分布している内陸地域に関しては、正反対の結果となりいずれか決めかねる場合がある。これを解決するためには、当該地域に分布する第四紀断層の活動歴を詳細に調査することはもちろん、より広域的には、歴史地震のみならず地質学的な過去（第四紀）と地域性を考慮に入れた地震危険度図を作成する必要がある。そのような作業は緒についたばかりである。

6. 断層活動のダムへの影響と本指針（案）の対応

断層が活動した場合のダムに対する影響は、地震動（揺れ）と変位（ずれ）の2つがある。地震動の影響は、耐震設計の問題に帰着するが、現行のダム耐震設計体系において、外力としての地震動を適切に決定することにより十分対応可能である。したがって本指針（案）では地震動に関しては取り扱わない。

これに対し、地表面に生じる変位に関しては、外国においては断層活動による変位をダム敷に想定した事例もみられるが、現段階では、変位に対して広く合意された設計法はない。したがって、工学的な意味で将来（ダムの安全を確保すべき期間）変位を起こす懸念のある断層については、これを避けてダム位置を選定することが当面の対応のうち最も有力なものといえる。すなわち、本指針（案）における対応とは、調査に基づいて第四紀断層の中から工学的な意味で将来活動する懸念のある断層を判別し、ダム位置の変更を含む適切な措置をとることを意味している。

また、第四紀断層の調査結果は、ダム位置の選定と深く関係しているから、第四紀断層調査はダム事業の最も初期の段階、すなわち、予備調査期間中に実施することが望ましい。このような立場から、本指針（案）は主として、予備調査段階において、ダムとして注意すべき第四紀断層の存否を判断する手順をとりまとめたものである。

7. 第四紀断層の調査法

7.1 調査計画

ダム建設にあたって考慮すべき第四紀断層を抽出するためには、図-9に示すような系統的な調査を実施する必要がある。同図に示されるように、調査は、ダム敷（ダム堤体及び洪水吐が設置される区域）近傍（ダム敷及びその周囲およそ300m以内の区域）に詳細に調査すべき線状模様が存在するか否かを知るための1次調査と、1次調査の結果抽出された線状模様が第四紀断層であるか否か、あるいは第四紀断層であった場合に、その正確な位置、規模（幅、長さ）、活動年代等を知るための2次調査に分けられる。

1次調査は、ダムサイトを含む広範囲な地域の地質状況を把握する必要があるため、文献調査（ダムサイトから半径約50km以内）や空中写真判読（ダムサイトから半径約10km以内、1/40,000）が主に実施され、補足的に現地踏査が実施される。1次調査の結果下記①～③のうち1以上に該当するものがダム敷近傍に存在するとき、あるいは存在する可能性のあるときは2次調査を実施する。

- ① 文献により、第四紀断層と指摘されているもの
- ② 地形調査により、断層変位地形の認められる線状模様
- ③ 地質踏査により、第四紀層に変位を与えていることが確認された断層

2次調査が実施される時点では、当該地域の地質概要、および問題とされる第四紀断層あるいはその疑いのあるものの概略の位置や規模等は判明している。また、既に述べたように、断層の走向、センス、活動性等には地域性がある。したがって、2次調査の調査計画は、それぞれのダムの地質状況を十分反映して策定しなければならない。

2次調査はまず、1/1,000～1/5,000程度の大縮尺地形図、1/1,000～1/8,000程度の大縮尺空中写真による地形解析、および線状模様に沿う片幅500～1,000mの範囲の詳細な地質踏査によって、線状模様が第四紀断層か否かを調査する。この段階で第四紀断層でないことが判明すれば第四紀断層調査は終了する。第四紀断層であることが判明した場合、または第四紀断層である疑いが極めて強い場合には、トレンチ、横坑、ボーリング、物理探査等を実施し、その位置、方向、幅、長さ等を明確にする。さらに断層活動の年代を知るために、テフラ（火山灰層）、段丘、赤色土壌等の追跡、およびそれらに含まれる木片や貝殻片等を用いて¹⁴C法や花粉分析を実施する。また、断層内物質を採取して、フィッシュトラック法、電子スピン共鳴法、石英粒子表面溶食法等によって断層の活動年代を直接的に求める試みも実施されている。その他、微小地震観測を行って断層の活動性の判断材料とする場合もある。

2次調査の結果、下記のうちいずれか1項目に該当するものがダム敷に存在することが判明した時には、調査結果を総合判断して、ダム位置の変更を含む適切な措置をとるものとする。

- ① 最終活動時期が10,000年前以降の断層
- ② 最終活動時期が10,000年前～30,000年前の断層（またはこの時代に変位を起したことが地層や地形から推定されるものを含む）でかつ長さが10km程度以上のもの
- ③ 第四紀後期に繰り返し活動した規模の大きい断層

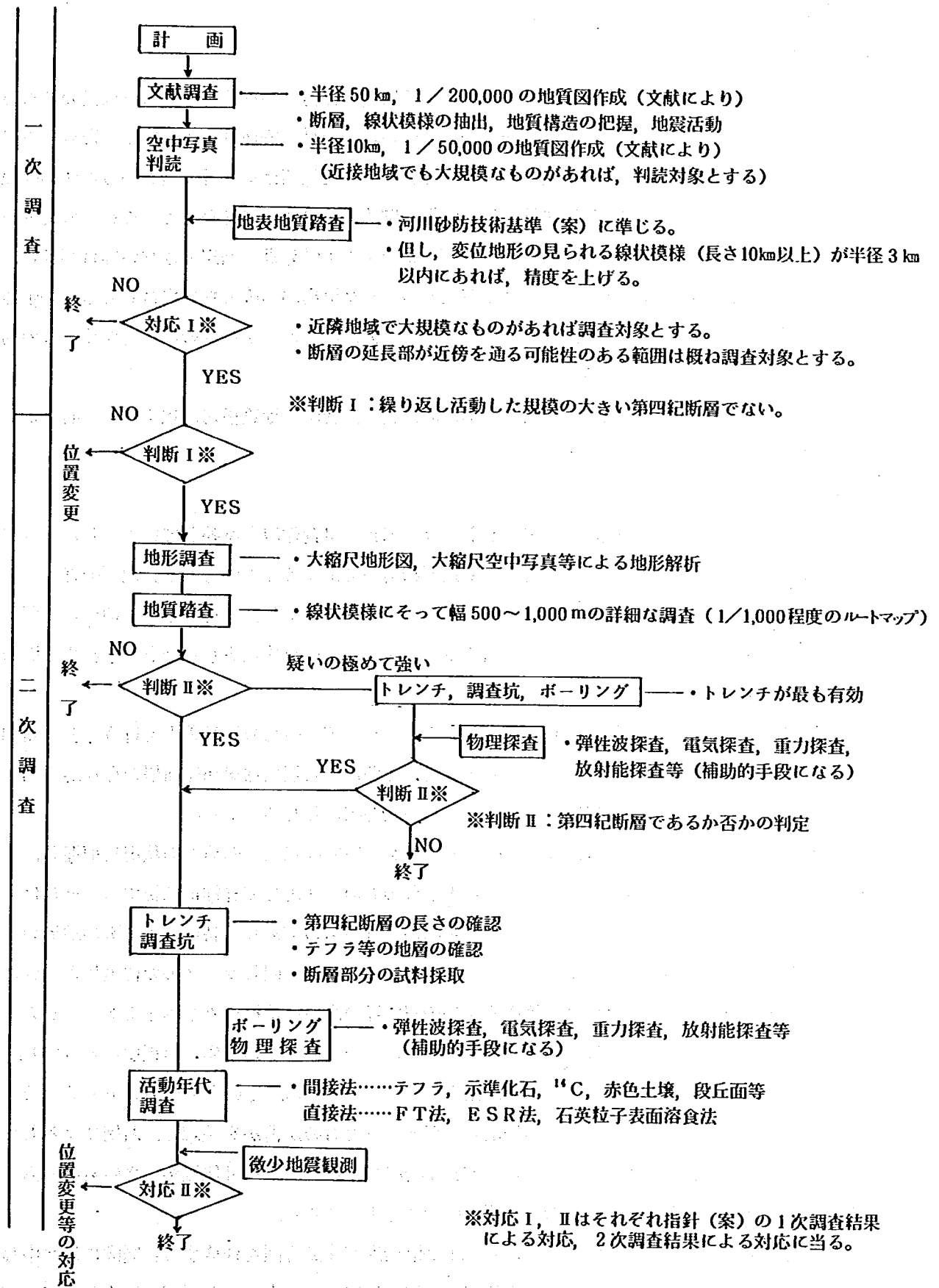


図-9 第四紀断層調査フロー

7.2 調査各論

7.2.1 文献調査

文献調査は、調査地内に第四紀断層又は、その疑いのある断層の存否を調べるとともに、以後の調査方針を策定するために実施する。主として、第四紀断層、第四紀地殻変動、既往地震等に関する資料に重点を置き、あわせて層序や地質構造に関する資料を収集する。文献収集範囲はダム計画地点から半径50km程度とする。文献としては各種単行本、学術雑誌、地質図幅、関連機関の報告書等がある。これらの文献を利用するにあたっては、①理学としての表現や記述が多く、そのまま工学分野へ適用できない場合が多い、②調査目的によって内容や表現方法が異なる、③第四紀断層とした根拠が明確でない場合もある、④確認部と推定部の区別があいまいな例が多い、⑤古地震記録は、震央、震度ともかなりの誤差を伴う、等の問題点を有している点に留意すべきである。

収集した文献を検討し、第四紀断層、地震断層、活褶曲、震央、層序、地質構造、地すべり、崩壊地等を記入した縮尺1/200,000の1枚の図を作成する。

7.2.2 地形調査

地形は、地殻表層部が現在までに受けた地殻変動および、風化、浸食作用を反映している。したがって、現在の地形を観察することによって、ある程度地質や地質構造を推定することができる。地形調査は主に1次調査で実施するが、ダム敷近傍に断層変位地形（断層変位によって生じたと推定される地形。断層に沿う差別浸食によって出来たと推定される地形は含まない。）またはその可能性を示す地形が存在する場合には、2次調査の初期段階で再度詳細に実施する必要がある。

地形調査は、空中写真判読および地形図判読によって実施され、確認のため現地踏査を行う。調査範囲はダムサイトから半径10km程度以内とするが、それを超える範囲にも大規模な第四紀断層の存在が予測される場合は、その断層がダムに与える影響を確認するため範囲を広げる必要がある。

空中写真や地形図の判読にあたっては、まず小縮尺のものをういて線状模様の概略の状況を把握し、断層変位地形と思われる地形が判読された場合にはより大縮尺のものを使用して詳細に判読する。それは、線状模様はいくつかの特徴的地形が連続している場合に認められるものであり、特に、1箇所の地形のみで断層変位地形と判断すると誤りを生じる場合があるからである。逆に、同じセンスの変位地形と判読されるものが複数箇所でも認められた場合には、第四紀断層の可能性の高い線状模様とすべきである。このような線状模様のうち、断層変位を示す地形を示しているものについては、その確実さの程度によってL₁、L₂、L₃に分類して表示する（表-2）。L₁は第四紀断層である可能性が最も大きいものであるため、地質踏査、トレンチ、ボーリング等によって断層活動で形成されたものか否かを確認し、断層によるものと認められた場合にはその活動年代を調査する。一方L₃は最も第四紀断層の可能性が小さいものであるから、地質踏査を主とする調査によって断層の存否を確認するようにする。

空中写真の判読結果は、1/25,000地形図に記入し第四紀断層関連調査図を作成する。同図には空中写真の判読結果の他に、既往文献に記載されている第四紀断層、地震断層、大規模な断層、震央およびマグニチュード等を記入する。

表-2 線状模様の分類

分 類	記 事
L ₁	地質構造を反映していると思われる線状模様のうち、ごく最近（第四紀程度）の変位地形である確からしさの最も高いもの。具体的には、変位の基準となる地形が明確なもの。すなわち、線状模様の両側の尾根、谷、地形面が極く最近までひと続きであったことが明らかに判り、それが線状模様によって系統的に変位（変位の向き、変位量等がほぼ同じようになっていること）しているもの。したがって系統的でないもの、例えば、同時代に形成された地形が所によって変位したり、しなかったりするものはここには含めない。
L ₂	L ₁ に準じ、変位地形である確からしさのやや高いもの。すなわち、段丘などの明瞭な変位基準地形がないために、確実度は低い、尾根や谷が横ずれ様に配列していたり、直接的な低断層崖と思われる地形があって、変位の向きは推定できるが、両側の地形面の時代が異なるなど、ごく最近の変位地形であることが不明瞭な線状模様。
L ₃	L ₂ に準じ、変位地形である確からしさの最も低いもの、すなわち最も不明瞭なもので、変位地形ともみられる地形をもつが、変位の向きが不明確であったり、他の原因も考えられるもの。

7.2.3 地質踏査

地質踏査は、文献調査や地形調査等から予備的情報を得た後、地質状況の確認や年代測定用試料の採取および弾性波探査測線、ボーリング、トレンチ、調査坑等の配置計画を策定するために実施する。

1次調査における調査は、河川砂防技術基準（案）に示された方針に従って、ダムサイトとしての適地選定調査の一環として実施するが、あらかじめ大規模な第四紀断層、および変位地形のみられる長さ10km以上の線状模様がダムサイトより3km以内に存在していることが知られている場合には、断層周辺の調査範囲を拡大するとともに調査精度をあげる。2次調査においては、1次調査の結果抽出された線状模様について片幅500～1,000mの範囲の詳細な踏査を実施し、1/1,000程度の地質図を作成する。

地質踏査においては、線状模様附近に分布する第四紀層および断層変位地形、段丘、扇状地、崖錐等に注目し、断層露頭の発見に努める。断層露頭が存在する場合には、その位置、走向、傾斜、破碎状況、幅、変位方向、変位量、地形と断層の関係等について詳細な調査を行う。また、露頭の延長線状で詳細な観測を行い、断層の連続性を調査する。

7.2.4 トレンチ

トレンチ調査は、第四紀断層であるか否かの直接的証拠を把握できる極めて有効な手法である。このため、第四紀断層の疑いが極めて強いにもかかわらず地質踏査で確証が得られない場合、断層の位置、長さ、活動履歴や変位量等を正確に知りたい場合、活動年代調査のための断層内物質や生物遺骸を採取する場合等に実施される。

トレンチは、地形調査や地質踏査結果を十分検討し、最も効果的と考えられる場所に掘削しなければならない。調査の結果は、断層の活動状況が把握できるような詳細なスケッチ図としてまとめる。

7.2.5 ボーリング、調査坑

ボーリング、調査坑とも、トレンチと同様の目的で実施されるが、面的な調査はトレンチ程できないので、有効性はトレンチより劣る場合もある。調査は、ダムサイトの通常の調査方法に準じるが、ボーリングでは表土、風化層、砂礫層等地表付近に存在する試料の採取に重点を置き、調査坑では支保工や矢板が設置される前に、掘削直後の状況を詳細に観察記録する。このためには、調査坑掘削中に地質技術者を含む技術者が常時切羽を観察することが必要な場合もある。なお、ボーリングや調査坑を実施する位置は、地形調査や地質踏査結果から最も有効と考えられる場所を選定する。このため、ダムサイトで実施する場合には必ずしもグリッドシステムにこだわる必要はなく、調査坑等の方向も掘削しつつ状況を確認しながら、最も効果的な方向に掘削することが望ましい。ボーリングも一度に実施するのではなく、結果をみながら順次、次の位置を決める方が効率的である。

7.2.6 物理探査

弾性波探査、電気探査、重力探査、放射能探査等の物理探査は、調査の比較的初期段階において、主に断層の概略の位置を知るために実施される間接的な調査手法の1つである。前述したボーリング、調査坑トレンチ等の直接的な手法に比較して得られる情報の質は劣るが、地質状況を比較的迅速かつ安価に推定できるので調査の初期段階に実施される例もある。しかしながら、物理探査では地質情報が弾性波速度値等の物理量として得られるのみであり、地層のずれや断層の位置を概略的に知ることではできるが、断層の性状の直接的把握や活動年代等を知ることはできない。したがって、精度的に横坑、ボーリング、トレンチ等に比較して劣り、信頼性は低い。このため、物理量の変化から、その原因となっている地質状況を正確に判読するためには、測線上にボーリング、横坑、トレンチを配置したり、地表踏査を行って対応関係を求めることが必要である。

また、断層破砕帯では、ラドンガス、炭酸ガス、水素ガス等の濃集が見られることから、これらのガス濃度を測定することによって断層位置を推定する地球化学的な手法が試みられる場合もある。

7.2.7 活動年代調査

1) 調査法の種類

断層の活動年代を推定する方法は大きく直接法と間接法に分類される。直接法は断層内に含まれる石英や雲母等を対象としてフィッシュトラック法、ESR法等の放射年代測定や石英粒子の表面形状の観察を行って直接的に活動年代を求める手法である。直接法においては、過去の活動履歴が最新

の断層活動によって全て消去されているかどうか疑問、最新の活動を行った部分から試料が採取されたか否かの確認が困難等の問題がある。

間接法は、テフラ、赤色土壌、段丘、熔岩流等の特定の地層あるいは岩石（鍵層）が断層によって切られているか否かを判定し、その地層等の形成年代を放射年代測定や花粉分析等から求めて活動年代を推定するものである。本手法は、鍵層が分布していない地域では適用できない点、また分布していても、年代差が大きいと活動年代の推定精度が劣る等の問題点を有している。

2) 放射年代測定法の種類¹²⁾

直接法および間接法で用いられる放射年代測定は表-3に示すような各種の手法があるが、原理的に以下の3つに大別される。

- ① 放射性元素の親元素と娘元素の量比が年代とともに変化することを利用したもの。第四紀断層の活動年代調査においてはK-Ar法が比較的良く用いられる。同法は岩石中に含まれる ^{40}K が壊変して気体の ^{40}Ar になることを利用し、岩石試料中の ^{40}Ar の蓄積量と ^{40}K の含有量から年代を算出するものである。本法は、鉱物生成後、熱の影響によって ^{40}Ar が散逸し、実際より若い年代を示したり、Arガスの散逸の難易が鉱物種によって異なるため、測定対象となる鉱物種によって異なる値を示すこともある等の欠点を有している。
- ② 放射性元素が平衡状態にあった系から分れることにより、親元素の量が年代とともに変化することを利用したもので ^{14}C 法が代表的である。同法は生物の枯死に伴う ^{14}C 濃度の減少の比較から枯死した年代を求める手法であり、新しい時代に活動した第四紀断層調査に広く適用されている。しかしながら、特に、核実験の影響によって大気中の ^{14}C 濃度が時期的・場所的に異なる、水中試料の測定値のばらつきが大きい。測定範囲が35,000年前以降と狭いこと等の欠点を有している。
- ③ 放射性元素の自発核分裂あるいは自然界の微弱な放射線による原子レベルの損傷の程度が年代とともに増加することを利用したもので、フィッシュントラック法とESR法（電子スピン共鳴法）が代表的である。フィッシュントラック法は、荷電粒子による結晶構造の破壊の数が経過年数に比例することを利用したものであり、測定範囲が広いので第四紀断層調査で良く実施されている。しかし、本法の適用に当っては飛跡の計数誤差、照射熱中性子線量の測定誤差、熱の影響による測定値の相異等について検討する必要がある。ESR法は結晶構造の損傷量を電子スピン共鳴で検出するもので、測定範囲は第四紀を十分カバーできるため第四紀断層調査で有効な手法となりつつある。しかしながら、放射線の種類によって損傷率が異なったり、場所によって年間被曝線量が異なる等の問題点を有している。

3) その他の年代測定法

① 石英粒子の表面構造解析¹³⁾

石英粒子の溶解速度を一定と考え、溶食によって粒子表面が時間の経過とともに複雑化することを利用して、断層活動の年代を推定しようとするものである。すなわち、断層粘土中から選出した石英粒子の表面を走査型電子顕微鏡で観察し、単純なものから複雑なものへと順序をつけて並べ、

表 - 3 放射年代測定法の種類¹²⁾

方 法		年 代						岩 石 そ の 他				鉱 物												隕石
								火山岩類 玄武岩など	深成岩 火成岩類	変成岩 花崗岩など	堆積岩 片麻岩	海生物遺骸 海底堆積物	雲母 白雲母	長石 黒雲母	輝石 海緑石	普通角閃 カ斜長	ジルコン 通ルコ	燐灰 タナク	モルブデン チタン石	ウラン ウラン石	石イ 石イ			
		10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹ 年																	
①	K-Ar	----->						◎	◎	◎	△			◎	◎	◎	◎*	◎	△	◎			△	△
	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	----->						◎	◎	◎	◎			◎	◎	◎*	◎	△	◎				◎	
	Rb-Sr	----->									◎	◎	△			◎	◎	◎	◎			△	◎	
	U, Th-Pb	----->									◎	◎	△										◎	
	Pb-Pb	----->									◎	◎	△										◎	
	Sm-Nd	----->									◎	◎											◎	
②	¹⁴ C	-----											◎											
	I ₀	-----											◎											
	²³¹ Pa-I ₀ ²³⁸ U- ²³⁴ U	-----																						
③	フィッシュン・トラック	----->						◎						◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	ESR	-----							△			◎	◎					△	◎			◎		
注		・各方法では、それぞれの年代に適した試料を用いるとする。 ・破線で示した範囲は、信頼性がやや低い か、特別の注意と労力を必要とする。						・◎最もよく用いられる。 ○よく用いられる。 △得られた年代の信頼性が 他よりやや落ちる。 *サニディンを使用。 ()は今後用いられる可能性のあるもの。																

- ① 放射性元素の親元素と娘元素の量比が年代とともに変化することを利用したもの。
- ② 放射性元素が平衡状態にあった系から分れることにより、親元素の量が年代とともに変化することを利用したもの。
- ③ 放射性元素の自発核分裂あるいは自然界の微弱な放射線による原子レベルの損傷の程度が年代とともに増加することを利用したもの。

I～IV類の基本的なパターンに分類し、相対的な新旧の順序を推定する（図-10）。絶対年代は活動時期が既知な試料の表面構造と比較して図-10に示すように求められている。本法では石英の溶解速度が全地球上で一定であったと仮定しているが、化学反応を利用している点では、エネルギー的に隔離された放射壊変を利用する放射年代測定に比較して本質的に弱点がある。また、石英の溶解速度が極めて遅いため、古い断層は識別できても、第四紀断層調査で重要な意味をもつ200万年前以降の数万年単位の時間は測定できない。

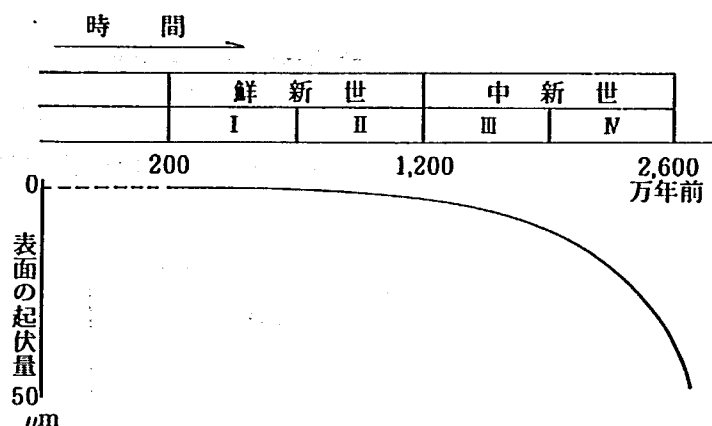


図-10 石英粒子の表面構造の分類と起伏量との関係を示す概念図¹³⁾

② テフラ

テフラとは、火山の噴火の際に火口から放出されて空中を飛行して堆積した火山碎屑物の総称である。テフラは短期間に地形に影響されずに広範囲に堆積するうえ、各テフラ毎に鉱物組成、粒度、色等が異なるので極めて優れた鍵層となる。また、テフラに含まれる鉱物や木片を用いて放射年代を求めることもできる。

③ 花 粉

地層中に含まれる花粉は、植物の進化や気候変化によって時代毎に異なっている。花粉は短時間に広範囲に分布し、保存性も優れているので地域毎に編年し、放射年代との対比ができれば年代を示す有効な指標となり得る。

④ 段 丘

形成年代の判明している段丘面の標高が第四紀断層を境に異なる場合には、断層の活動時期と変位量を推定できる。わが国には、中小河川沿いにも段丘が発達し、形成時期も詳しく調べられている例が多いので、第四紀断層の活動年代調査における段丘の利用価値は高い。

⑤ 地磁気

火山岩や一部の堆積岩中に含まれる磁性鉱物は岩石の生成時または堆積時の地球磁場の方向を保存している。地球磁場は過去逆転を繰り返しており、正逆の時期が放射年代と対比されて標準パターンが編年されている。このため、岩石の磁化方向を測定して標準パターンと比較することによって

年代が求められる例もある。

7.2.8 その他の調査

特に大規模な第四紀断層が分布し、地殻活動が活発と考えられる地域に大ダムを建設する際に微小地震観測が実施される場合もある。微小地震は、地殻の歪エネルギーの放出であるため、これを観測することによって、エネルギーの集積状況や集積箇所の推定が可能である。

8. Auburn ダムにおける第四紀断層問題¹⁴⁾

Auburn ダムはカリフォルニア州サクラメント上流約50kmのAuburn地点を流れるAmerican川にBurec (Bureau of Reclamation) によって高さ213 mのドーム型薄肉アーチダムとして計画された多目的ダムであり(図-11)、既に基礎掘削、仮排水トンネル、仮締切等の工事が終了している。ダムサイトは、

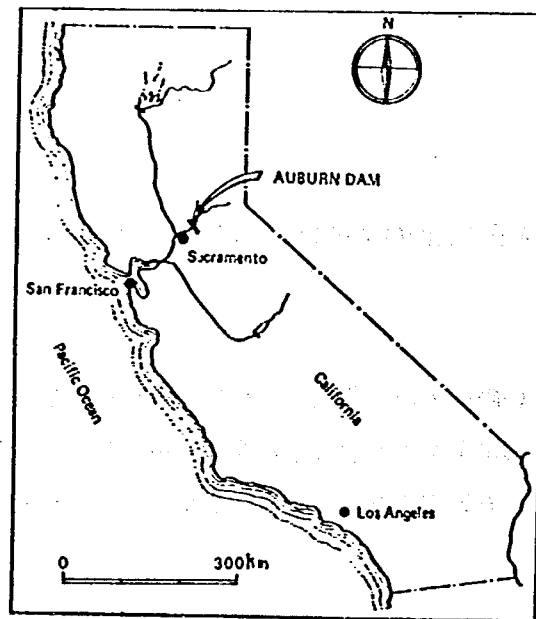


図-11 Auburn ダム位置図¹⁴⁾

Foothills 断層系に属する Bear Mountain 断層帯中に位置しており、大小様々な規模の断層が複雑に発達しているため、大規模な断層処理が行なわれた。着工前の調査では本地域の地震活動度は低く、これらの断層は第四紀断層ではないとしてダムが設計された。しかし、1975年8月1日マグニチュード(以下Mと略)5.7のOroville地震が発生したため、これらの断層を第四紀断層と考えざるを得なくなった。Burecを中心とした多くの機関や個人がダムサイト付近の地震活動度および地震に対するアーチダムの安全性について広範囲に論議した結果、ついに公式にアーチダム計画は放棄され、ロックフィルダムあるいは曲線重力式コンクリートダムが安全に建設可能なダム形式として提案された。

8.1 地質概要

8.1.1 広域地質

Auburn ダムは Sierra Nevada 山脈西端に位置し、地質は急傾斜し北東方向に走向をもつ変成岩体から構成されている。この変成岩体は古生代～中生代中期の火成岩や堆積岩が低度の変成作用を受けたものである。ほぼ同時代に塩基性～超塩基性岩の貫入を受けた後、さらにジュラ紀～白亜紀にかけて花崗岩類の貫入を受けている。変成岩帯には断層が複雑に発達しており、褶曲作用を受けている場所もあるが全体として西側に行くに従い新しい岩石が分布している。

本地域の地質構造を規制しているのは Foothills 断層系である。この断層系の東端の主要断層帯は Melones 断層帯、西端の主要断層帯は Bear Mountain 断層帯と呼ばれており、複雑に入り組みながら 300 km 以上連続している。一般にこれらの断層は幅 6 km に達する急傾斜した断層破碎帯を伴っており、破碎された蛇紋岩や結晶片岩を伴っている例が多い。しかし、堆積岩層を切断するような直接的な層序学的資料に乏しいため、破碎物質から断層の存在が推定されている地域が多い。したがって、多くの調査例があるにもかかわらず Foothills 断層系の変位形式、変位量、活動年代等について統一的な解釈がなされていないのが現状である。しかしながら、着工前の調査ではこれらの断層は第四紀断層ではないと判断された。

8.1.2 ダムサイトの地質

ダムサイトは少量の弱変成堆積岩を伴う角閃岩から構成されており、計画規模のダム基礎岩盤として十分な強度を有している。しかし、強度が弱く、変形しやすい滑石片岩や蛇紋岩等が多数レンズ状にはさまれている。弱変成堆積岩は頁岩質であり、右岸アバットメントにおいては最大厚さ 91 m に達し、その中に厚さ 25 cm から 10 m 程度の滑石片岩が多数含まれている。

ダムサイトには種々の不連続面が存在しているが、その中で最も顕著なものは 15° ～ 50° の下流落ち断層である。その他上流および下流に緩傾斜している節理や小規模なシアーゾーンがある。これらの中には石英、方解石、細粒輝緑岩の貫入を受けているものもある。また不連続面によって岩盤はブロック化されており、風化はかなり深部まで及んでいる。

8.2 Oroville 地震と Auburn 地域の地震活動度

8.2.1 Oroville 地震

1975 年 8 月 1 日 $M = 5.7$ の地震が Oroville ダム（高さ 231 m、堤頂長 2,076 m、貯水容量 4.36×10^9 m³ のロックフィルダム）の南東 12 km の地点で発生した。余震分布を解析することにより、Oroville ダム直下 5 km を通る $N 3^{\circ}E, 60^{\circ}W$ の断層の活動によって発生したことが推定された。またこの地震が Oroville ダムの貯水位を急上昇させた（Oroville ダムは取水設備の修理のため 1974 年中頃には湛水以来最低水位にあった）直後に発生したため、貯水により誘発された地震であるという報告もあるが、本ダムの貯水と地震について明確な関連が認められたわけではない。しかし、後述するように Auburn ダムにおける地震危険度の評価にあたっては、本地震は Oroville ダムの貯水により誘発されたものと解釈され、Auburn ダムの貯水によっても同様に地震が発生する可能性があると考えられた。なお本地震によるダム本体および貯水池周辺の被害は全く生じていないことが確認されている。

本地震の発生により、それまで地質学的にかなり安定であると考えられていた Oroville 付近が活動的であり、前述の Foothills 断層系を第四紀断層としてとらえざるを得なくなった。特に Oroville ダム近傍を

通る Bear Mountain 断層帯が Auburn ダムサイトに連続している（図-12）ため、この断層系を含んだ本地域全体（Sierra Foothills）の地震活動度に関する広範な調査が活発に開始されることになった。

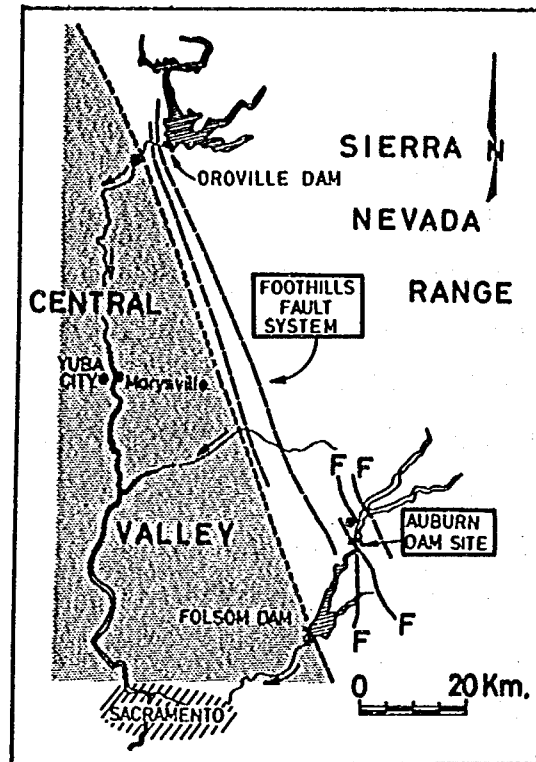


図-12 Foothills 断層系と Auburn ダムおよび Oroville ダムの位置関係¹⁴⁾

8.2.2 Auburn 地域の地震活動度

8.1.1 で述べたように Foothills 断層系は破碎帯や超塩基性岩類の貫入によって推定されている部分が多く、活動年代を示す層序学的資料に乏しいため、活動度の評価には微小地震観測、水準測量等が重要な手法となった。微小地震は Foothills 断層系に沿って発生しており、本断層系が地震学的に活動的であることを示している。Auburn 付近における微小地震は深成岩体内に多発しているが、これは $N10^{\circ}W$ の走向をもち $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 東落ちの正断層に沿って発生していると考えることができる。この断層の走向傾斜は Foothills 断層系の全体的な走向傾斜とほぼ一致している。したがって深成岩体を含め本地域は新生代以後一様な造構造運動下にあり、Foothills 断層系は地震学的に活動的であると言える。

Auburn を通り Foothills 断層系を横断する形で実施された水準測量の結果、Bear Mountain 断層帯に一致する地域が Auburn を中心として沈下していることが示された。この付近には沖積層等地盤沈下を生じるような地層は存在していないので、沈下は断層に沿って分布する蛇紋岩や滑石片岩等が地殻運動の影響によって生じたものと解釈された。また沈下の最も著しい地点 R-566 は Auburn ダムサイトを横断する F-1 および F-0 断層から約 200 m のところに位置している（図-13）。また MAIDU, DEADMAN 等の線状模様にも近い。1969 年と 1977 年のデータを比較した場合、20mm に達する相対変位を生じており、

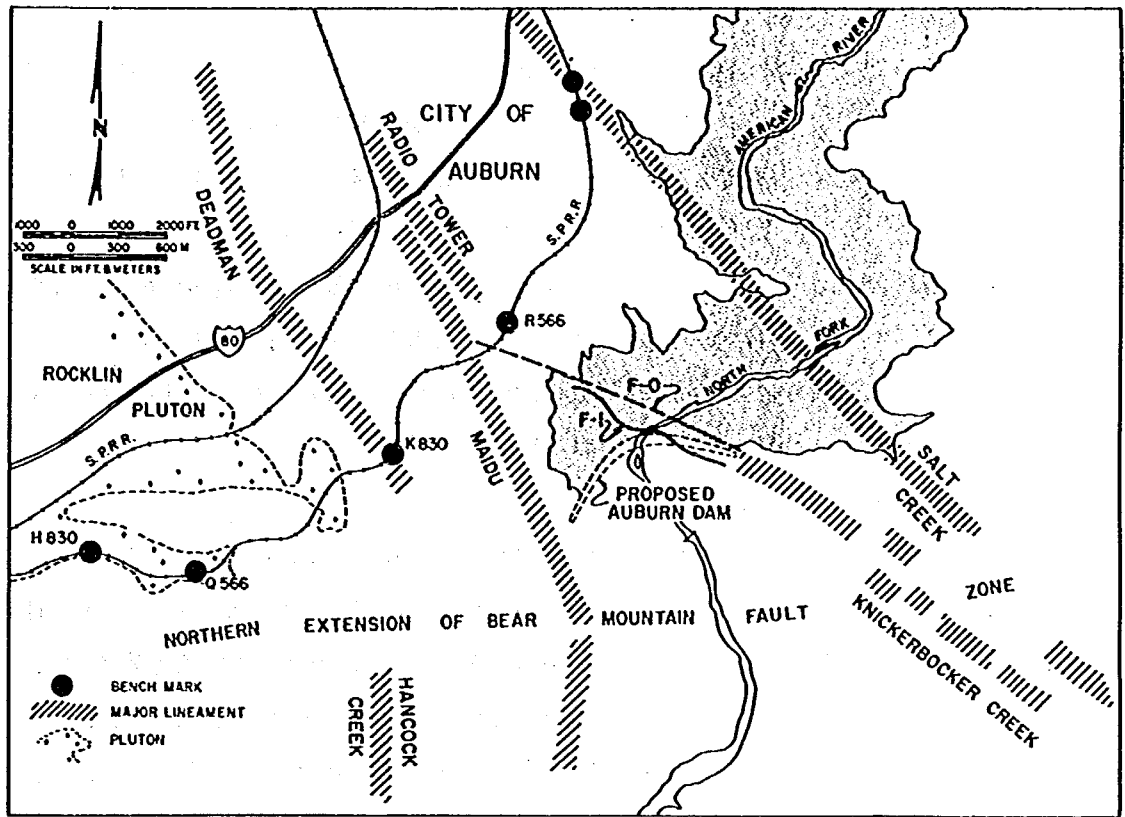


図-13 Auburn ダムサイト付近のベンチマークおよび断層、線状模様の分布¹⁴⁾

これらの断層の活動度は高いと言える。

8.3. Oroville 地震以後の動向

8.3.1 Auburn 地域の地震活動度の再評価

Oroville 地震発生後、カリフォルニア州当局はBurecに対して、地震に対する安全性の確保という観点からAuburn地域の地震活動度の再検討とダムの設計変更を申し入れた。これはBurecが0.12 gの地震加速度に対してダムが耐えうように耐震設計を行っているのに対し、カリフォルニア州当局はOroville地震の発生によって本地域は以前に考えられていたより活動的であり、Burecが当初想定していたよりも大きな地震が発生してこの設計値を超す加速度を生じるとともに基礎岩盤が変位する可能性があると判断したためである。これに対しBurecは専門家から成る耐震設計委員会を設置するとともに、Woodward - Clyde コンサルタントに大規模な第四紀断層調査を依頼した。

Woodward - Clyde コンサルタントの調査の結果、西部Sierra Nevada地域における“活断層”（10万年前以降に活動したことのある断層）の分布状況がかなり明確にされた。それによるとダムサイトから半径32km以内の地域に少なくとも6本の“活断層”あるいはその疑いのある断層があり、最も近いものは0.8 kmとされている。これらの断層の活動によって発生する地震の規模は $M = 6 \sim 6.5$ であると推定された。またOroville地震がOrovilleダムの貯水による誘発地震でないと仮定すると、同規模あるいはそれ以上

の地震がAuburn付近で発生する確率は0.02～0.05であるが、Oroville地震が貯水による誘発地震であると仮定するとその確率は0.3に達すると推定している。

しかしダムサイトにおいては断層活動の年代を示す層序学的資料に欠け、ダム基礎に存在する断層が“活断層”であるか否かの確定的な判断は不可能であった。したがって同コンサルタントはダムサイトの断層や基盤岩の状況と、明らかに“活断層”と認定されている近接地域の地質状況を比較したり、微小地震活動を調査することによって“活断層”であるか否かの地質工学的判断を行った。それによるとダム基礎に存在する断層が“活断層”である確率は0.01～0.1であり、その活動による地表面の変位は24cmと推定した。しかしながらダムサイトにおける断層が“活断層”であるか否かの明確な資料がないため、これらの断層が“活断層”であると仮定した場合の地表面の変位量については議論が多く、Burecが2.5 cmと推定しているのに対し、USGS（米国地質調査所）は90 cmと推定している。

8.3.2 地震に対するダムの安全性とその基準

Auburnダムは当初24km離れた場所において発生した $M = 5.5$ の地震に対して安全ように設計され、基礎岩盤の変位は考慮されていなかった。しかし既に述べたように $M = 5.7$ の規模をもつOroville地震が発生し、基礎岩盤の変位の可能性が指摘されたことから、Auburnダムの地震に対する安全基準はより厳しいものに改訂された。DWR（Department of Water Resources）は1978年12月Auburnに建設されるダムは形式の如何にかかわらず12.7 cmの基礎岩盤の変位に耐えることが必要であるとした。これは、大規模な貯水によって地震が誘発される可能性があるとして導かれた結論である。さらにCalifornia Resources AgencyはDWRの安全基準を受け入れながらも、でき得れば22.8 cmの基礎岩盤の変位に対して安全であることが望ましいとした。この数値はWoodward - Clydeコンサルタントによる地表面変位量の予測（24 cm）とほぼ一致している。これらの報告を受けてカリフォルニア州当局はAuburnに建設されるダムは形式を問わず、1）直近に発生する $M = 6.5$ の地震による震動に耐え、2）基礎岩盤に生じる12.7 cmの変位に対して安全であることが要求されると決定した。この基準は前述のBurecが当初考えていた設計値よりはるかに厳しいものであり、当初の計画を根本的に検討しなおさざるを得なくなった。

安全基準に関する論議の過程で、ダム形式と地震に対する安全性が活発に論議されている。Woodward - Clydeコンサルタントの主任地質技術者であるCluffは1974年に他の2人の著者ととも第四紀断層が発見されたり、地震活動度が明確にできない場合にはコンクリートダムを建設すべきではないと主張している。¹⁵⁾このような場所にはフィルダムを建設するのが適当であり、フィルダムであれば基礎岩盤の変形に対しても充分安全に設計できるがコンクリートダムが基礎岩盤の変位に対して安全に設計ができるかどうかは疑問だとしている。また、アーチダムは基礎岩盤中の節理等が地震によって開口すると水圧の影響によりアバットメントの崩壊を起こしやすいので、多数の断層や節理等が発達しているAuburnダムサイトにはアーチダムは不適でロックフィルダムが適当だとする意見も提出された。これらの意見に対しアーチダム設計の世界的権威であるSerafimは米国における過去に起こった強い地震によりアーチダムは堤体に強い振動を受けたにもかかわらず崩壊しなかったが、アースダムは崩壊したり重大な被害を受けていること、世界的にみても断層上に建設されているアーチダムは多数あるが地震時に崩壊した例は全くないこ

と等をあげ、アーチダムは地震に対して極めて安全性が高い構造物であると反論している。¹⁶⁾

8.3.3 当初計画の放棄と代替案の提出

Burec は 8.3.2 で述べたカリフォルニア州当局のダムの地震に対する安全基準に当初計画のドーム型薄肉アーチダムでは対応できないとして 1979 年 3 月、公式に同形式を放棄し、重力式コンクリートダムあるいはロックフィルダムとすることを提案した。さらに W P R S (Water and Power Resources Service, Burec の改称) は 1980 年 5 月 Auburn ダムサイトに対して提案された 9 種類のダムタイプについて検討した結果、曲線重力式コンクリートダムあるいはロックフィルダムであればカリフォルニア州当局の安全基準 ($M = 6.5$ の地震による 12.7 cm の表面変位に耐える) を満足すると発表した。いずれの形式を採用するにせよ当初計画より建設費は増大するし、1968 年以来既にアーチダムを想定して基礎掘削、基礎処理、仮締切、仮排水トンネル等の工事が完了しているのでダム形式の変更に伴い新たな工事が必要となる。

曲線重力式コンクリートダム (高さ 209 m 、堤頂長 $1,265 \text{ m}$) とする場合、掘削範囲を下流方向に広げ、さらに $1.07 \times 10^6 \text{ m}^3$ の基礎掘削をしなければならない。また $4.75 \times 10^6 \text{ m}^3$ の骨材および $6 \times 10^5 \text{ ton}$ 以上のセメントおよびボゾランが必要になる。建設にかかる期間はアーチダムより 2 年長く、9 年と推定されている。

ロックフィルダム (高さ 210 m 、堤頂長 975 m) とする場合の基礎掘削は左岸アバットメントをコア材の岩着のため若干掘削するのみで良いが、新たに直径 3.6 m の補助仮排水トンネルを設置するとともに既存の仮排水トンネルを約 240 m 延長する必要がある。最大の変更点は現在堤趾部に堤体の一部として計画されている発電所を地下発電所として左岸に設置しなければならないことである。建設には前者と同じく 9 年必要である。なお、Burec は 1965 年頃までは現ダムサイトより約 1.6 km 下流に貯水容量 $1.85 \times 10^9 \text{ m}^3$ のロックフィルダムとして計画していたが、貯水容量を $3 \times 10^9 \text{ m}^3$ 程度に増加することが要請されたこと、居住者が増加したこと、フィル材料の確保が困難 ($13 \sim 18 \text{ km}^2$ の土地が必要) であること等から現ダムサイトに現規模のアーチダムを計画することにしたいきさつがある。

最終的な結論はまだ下されていないが、最新情報 (1985 年 12 月)¹⁷⁾ によると、現サイトより 1.6 km 下流 (最初のサイト) に、高さ 212 m の曲線重力式コンクリートダムを R C D 工法で建設する案が検討されている。R C D 工法を採用することによって建設費は 328.3×10^6 ドル軽減されて 980×10^6 ドルに、建設期間は 16 か月短縮できると試算されている。なお、現サイトにおけるドーム形薄肉アーチダムとしての建設費として既に 220×10^6 ドルが使用された。

9. おわりに

本文で述べたように、第四紀断層に関しては、解明されていない部分が多く、実際の建設工事における対応もまちまちであった。特に理学分野の研究者からは Auburn ダムの例にもみられるように、極めて慎重な意見が提出されることもあるが、実際の社会生活を対象とする土木工学の分野においては本指針 (案) に示されるように、ある程度割り切った考え方をして物事を進めることが必要な場合が多い。本指針 (案) および現在作成中の第四紀断層に関する調査法は現時点における最新・最高の研究成果を盛り込んだ内容

となっている。ダムにおける第四紀断層の調査、対応に関しては、現時点ではこれらに従うことで良いと考えられるが、今後とも各方面の研究成果をとり入れ、各サイトに最適の調査法、対応を模索する必要がある。

文 献

- 1) 中村康夫 (1980) : 活断層の評価に関する諸問題, 土木技術資料, Vol. 22, No 3, p. 3-8.
- 2) 藤田和夫・太田陽子 (1977) : 第四紀地殻変動, 日本第四紀学会編, 日本の第四紀研究, 東大出版会, p. 127 - 152.
- 3) 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, Vol. 28, p. 269 - 283.
- 4) 活断層研究会編 (1980) : 日本の活断層—分布図と資料, 東大出版会, 363 p.
- 5) U. S. Atomic Energy Commission (1973) : Seismic and geologic siting criteria for nuclear power plant.
- 6) International Atomic Energy Agency (1972) : Earthquake guidelines for reactor siting
Int. Atom. Energy Ag. Tech. Rep., Ser. 139.
- 7) "Alquist-Priolo Geologic Hazard Zones Act", *California Geology* (1974), Vol. 27, No 1, p. 7.
- 8) N. Z. Geol. Survey (1966) : Late Quaternary Faulting. *Rep. NZGS*, 7.
- 9) 萩原敏雄・山本政夫・岸清 (1978) : 原子力発電所の立地調査, 土木学会誌, Vol. 63, No 4, p. 13 - 17.
- 10) 岡田篤正・安藤雅孝 (1979) : 日本の活断層と地震, 科学, Vol. 49, No 3, p. 158 - 169.
- 11) 中村康夫 (1983) : 日本内陸に分布する活断層の地域性, 土木技術資料, Vol. 25, No 7, p. 43 - 48.
- 12) 兼岡一郎 (1978) : 地球年代学の手法, 地球科学No 6, 岩波書店, p. 113 - 155.
- 13) 金折裕司・宮腰勝義・角田隆彦・佐竹義典 (1982) : 断層粘土中の石英粒子の表面構造による断層活動性評価の試み (その1) —表面構造の分類と形成過程—応用地質. Vol. 23, No 1, p. 18 - 32.
- 14) 中村康夫 (1980) : Auburn ダムにおける断層問題, 応用地質, Vol. 22, No 1, p. 181 - 191.
- 15) Sherard, J. L., Cluff, L. S. and Allen, C. R. (1974) : Potentially active faults in dam foundation, *Geotechnique*, Vol. 24, No 3, p. 367 - 428.
- 16) Serafim, J. L. (1978) : Quakes and concrete dams. *Engineering News Record*, Vol. 199, No 8, p. 5.
- 17) "Another Auburn redesign?", *Engineering News Record* (1985), Vol. 215, No 23, p. 14.

質 疑 応 答

司会 (桑原) どうもありがとうございました。只今の中村室長の御発表に対しまして、御質問等ございませんか。

質問 第四紀断層の全国的な分布ははっきりわかっているのでしょうか。あるいは、その場、その場で調べなければならないのでしょうか。

中村 全国的に同一レベルで調べられた資料としては、1980年に東大出版会から出版された「日本の活断層」という資料がございます。同書では確実度をⅠ、Ⅱ、Ⅲと分けて全国の活断層を1/20万地勢図にプロットし、最終活動年代、長さ、断層型の区別、変位の方向等の資料を記載しています。地質調査所からは「1/200万日本活断層図」、「1/400万活断層分布図」が発行されています。

また、建設省も独自に地建毎に分布図を作成しつつあると聞いております。

司会 他にございませんか。

質問 (稲崎) 調査計画のフローがありましたが、このフローについて二点程教えて下さい。最初の「対応Ⅰ」というところでは、「ダム敷近傍」という語が出てきていますが、最後の「対応Ⅱ」では「ダム敷近傍」の「近傍」の語が入っておりません。そうしますと、例えばダムから300m以内の区域に第四紀断層と判断される断層があった場合、どのように対処したらよいかというのが第一点です。

「活断層、第四紀断層の活動性の評価方法」についてが第二点です。例えば活動度として、A、B、Cという分け方がありますが、これについては中村さんも、段階的に変位するものを1つの指標に選ぶのはおかしいのではないかといわれました。実際に、例えばトレンチなどで変位を調べるのは、非常に長いタイムスパンの中でギャップや動きがあったかということを見る訳で、時間的には非常に幅の広いものの中での判断かと思います。それを非常に縮めていきまして、現在という1つの瞬間において活動性を評価する方法はないかということをお尋ねしたいのです。例えば調査法の中にも物理探査法やいろいろな活動年代の調査法などがありますが、そのような方法で活火山の例のように、現在、煙を吹いているから、この火山は生きているのだというような形で断層を評価できないでしょうか。

中村 まず最初の御質問の「対応Ⅱ」で「ダム敷近傍」の「近傍」が抜けているという御指摘に対してお答えします。私はこの指針(案)の最終案の作成に直接関与していないため、間違っていれば訂正していただきたいのですが、本指針(案)といたしますのは、ダムは揺れに対しては、従来の耐震設計で十分対応できるが、ズレには対応できないという認識に立っています。もしダム敷にそのような変位を起こす可能性のある断層が存在しては困るので、それを避けるというのが本指針(案)の趣旨でございます。従って、変位を生じるような断層を避けるということで「ダム敷近傍」の「近傍」という語は最終的に除かれていると思います。

2番目の現時点において活断層の活動性を調査する方法があるかということですが、直接的には無理かも知れませんが、断層内の水素ガス、ラドンガス濃度が高い断層は活動性が高く、かつ最終活動

年代が新しいといえると思います。それから微小地震観測によって地震が定常的に発生していることが確認された断層は、活動性が高いといえます。いずれも定性的な評価はできるかも知れませんが、具体的にどの程度の地震がいつ起こるかということまでは、現状では無理かと思います。

稲崎 どうもありがとうございました。

司会 御質問の「ダム敷近傍」の「近傍」が抜けているということで補足させていただきます。先程、中村さんがいわれましたように変位と地震動を設計の際に考えるわけです。地震動についてはすでに耐震設計で対処されていますので、これは除くことができます。一方、変位ですが、実際、断層上に物が載っていれば、地震が起った時にダムに変位が生じ、何らかの破壊等が生じるでしょうから、この点に関する調査が予備調査の段階であるということが前提になっております。すなわちこのような変位を生じる断層にはダムは載せないというのが指針(案)の趣旨でございます。

2-2 共通仕様書，指針，基準等の問題点

土 木 研 究 所

地質研究室 室長 桑 原 啓 二

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

CHICAGO, ILL.

1900

1. はじめに

現在、建設省関係では、共通仕様書、河川砂防技術基準等の技術基準、道路土工指針等の各種の基準、指針類が運用されている。これらの基準、指針類の中には地質に関係する事項が多数含まれており、土木工事を行う上での技術的なよりどころとなっている。

しかしながら、これらの基準、指針等に盛り込まれている内容は、制定した時の技術に基づき、また道路とか河川とかいった各事業毎、および事業主体毎に個別に相互調整なしに制定されているため、1つの技術基準あるいは指針を見ている間は問題ないが、相互に比較するとお互いに矛盾点が生じることがある。

以下、このような矛盾点および現在の技術に照し合せ、今後検討すべき問題について述べる。

2. 共通仕様書について

建設工事のための地質調査は、各地建、公団毎に制定された調査関係共通仕様書の通りに実施されている。各地建、公団毎に制定された共通仕様書に盛り込まれた内容の一覧を示すと表-1のようになる。

表-1より判るように、各機関毎に制定された調査の種類は異なっており、またその内容も異なっている。例えば、調査頻度の高い弾性活探査(屈折波法)において、目的、測点間隔、機械、調査方法、測定作業、整理、成果品等の項目が考えられるが、項目の欠除したものもあり、また項目はあってもその内容もばらばらである。機械ボーリングにおいても、掘削の仕方、日報、週報、コア採取困難時の作業方法等きめ細かく規定しているものもあれば、極簡単に規定していないものもある。

第2の問題は、新しい調査法、特殊な調査法については規定がないことである。例えば、調査頻度の高い試掘調査坑、現場透水試験(ルジオンテストについては「ルジオンテスト技術指針」が別途定められている)、現位置試験等については制定されてなく、逆に使用頻度は小さく特殊と思われる種類が制定されている。

3. 基準、指針について

基準、指針等にも地質関係が規定されている。それらのいくつかについて述べる。

(1) 岩の分類について

岩の分類は、ダム、トンネル、掘削等と目的に応じて作成されている。表-2~4は建設省、道路公団、日本道路協会の掘削用の岩盤分類である。建設省の岩盤分類は軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、中硬岩、硬岩Ⅰ、硬岩Ⅱの5段階に、道路公団では軟岩4段階、硬岩1段階の5段階に、道路協会では、軟岩、硬岩それぞれ2段階の4段階に区分している。

建設省の分類は、積算基準で弾性波速度を併用しているが、掘削方法とは直接結びついていない。道路公団の分類は、リッパ作業能力によって硬岩、軟岩を区分し、軟岩を岩質によって区分している。道路協会も、ブルドーザ排土板による作業、リッパ作業、発破作業の可能なものをそれぞれ、土砂、軟岩、硬岩をし、岩質に無関係に区分している。また積算基準に示されていない建設省の硬岩Ⅱを規定しているのが特徴である。

表一 1 共通仕様書一覧 (1)

	東 北	関 東	北 陸	中 部	近 畿	中 国	四 国	九 州	土 研	水 公 団	本 四 公 団	道 路 公 団
総 則	適用範囲	"	"	"	"	"	"	"	"	適用範囲		適用範囲
	用 語	"	"	"	"	"	"	"	"	用語, 分類		
地 表 地 質 調 査	範囲, 目的, 記号			目的, 資料, 判読	" "	" "	" "	" "		目的, 調査内容	準備, 資料, 範囲	" "
	平面図, 説明書			踏査, 整理	" "	" "	" "	" "		報告	内容, 地質図, 標本	" "
物理探査, 検層												
弾性波探査	目的, 測点間隔	" "	" "	機械	" "	" "	" "	" "	" 測定間隔	目的, 機械	目的, 測点間隔	" "
	調査方法, 測定作業		" "	" 整理	" "	" "	" "	" "	" "	測点, 報告	報告	作業
電 気 探 査	目的, 配置, 方法	" "	" "		" "	" "	" "	" "	" "	方法, 報告	目的, 方法, 報告	" "
	記録, 作業		" 成果品		" "	" "	" "	" "	" "			
電 気 検 層	目的, 方法, 作業	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	目的, 方法, 報告	" "	" "
速度検層										目的, 方法, 報告	" "	" "
密度検層										目的, 方法, 報告	" "	" "
地下水検層	目的, 方法, 作業								目的, 方法, 作業		方法	掘進観測
近 接 検 層	目的, 方法, 作業								目的, 方法, 作業			
電 食 調 査		減税率, 廃食量								電食調査		
ボーリング			要旨, 位置, 機械, 日報									
オーガーボーリング	目的, 作業日報	" 記録		" "	" "	" "	" "	" "	" "	目的, 調査, 困難	掘進方法, 地下水位	" "
	困難, サンプル, 地下水位	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	サンプル, 地下水位, 報告	日報	" "
機械ボーリング	目的, 位置, 機械	" "	掘り方	" "	" "	" "	" "	" "	" "	目的, 機械, 仮設	分類, 孔径, 掘進	" "
	通報空掘, 採取	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	作業困難, 採取	日報, 通報, 仮設	" "
	地下水位, 検尺	整理	" 成果	" "	" "	整理	" "	" "	" "	検尺, 整理	地下水, 検尺	" "
試験(横坑堅坑)		掘削, 坑口処理								掘削, 試料, 清掃	掘削, 試料, 成果	
		成果								観察		
テストピット										掘進, 調査, 日報	" "	" "
サンプリング	目的, サンプラー	" "	サンプリング	" "	" "	" "	" "	" "	" "	目的, サンプラー (固定), サンプリング	サンプリング	" "
サウンディング												
通 則	目的, 一般	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "			
スウェーデン式	目的, 方法	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	機械, 試験, 記録	目的, 方法	" "
ボックフルコーン				目的, 方法	" "	" "	" "	" "	" "	機械, 試験, 記録	目的, 方法	" "
二重管コーン				目的, 方法	" "	" "	" "	" "	" "	機械, 試験, 記録	目的, 方法	" "
ベ ー ジ ン	目的, 機械, 方法	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	機械, 試験, 記録	目的, 方法	" "
標準貫入試験	目的, 方法, 試料	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	目的, 方法	" "	" "

共通仕様書一覧 (2)

	東 北	関 東	北 陸	中 部	近 畿	中 国	四 国	九 州	土 研	水 公 団	本四公団	道路公団
動的円錐貫入		目的, 方法										
イキスメートル			目的, 方法	" "								
土 質 試 験	目的, 方法	試験毎	" "	" "	" "	" "			目的, 方法	各試験毎	"	"
成 果 品												
通 則	平面図			" "					" "			
弾 性 波	オシロ速度層走付			" " "					" " "			
電 気	報告資料			" "					" "			
検 査	測定記録			" "					" "			
ボーリング	柱状図, 断面図, 写真			" " "					" " "			
サンプリング	試料, 記録			" "					" "			
サウンディング	記録			" "					" 試料			
土 質 試 験	記録			" "					"			
原位置試験												
現 場 通 水		○			○					注水法, 加圧送水法	○	水位回復
現 場 揚 水					○	○				揚水, 水位回復	○	○
ルジオンテスト				○		○				○		
地下水観測											○	○
間 隙 水 圧		○										
平 板 載 荷		○								○		
道路の平板載荷		○		○						○		○
孔 内 載 荷		○								○	○	○
湧 水 圧				○						○		
岩盤載荷試験										○	○	
岩盤剪断試験										○	○	
杭 打 ち 試 験			○							○		
水 質 分 析											○	○
粒 度 分 析 (海底からの)			○									

表-2 岩の分類 (建設省)

名 称	岩 質 の 程 度
硬岩Ⅱ	けい岩、角岩など石英質に富んで岩質がかたいもの。風化していない新鮮な状態のもの。き裂が少なくよく密着しているもの。
硬岩Ⅰ	花こう岩、結晶岩など全く変化していないもの。き裂間の間隔は1m内外で相当密着しているもの。かたい良好な石材を取り得るようなもの。
中硬岩	石灰岩、多硬質安山岩のように特にち密でないが、相当のかたさを有するもの。風化の程度のあまり進んでいないもの。かたい岩石での間隔が30～50cm程度のき裂を有するもの。
軟岩Ⅱ	凝灰質でかたく固結しているもの。風化は目にそって相当進んでいるもの。き裂間の間隔は10～30cm程度で軽い打撃により離しうる程度、異種の岩がかたい互層をなしているもので層面を楽に離しうるもの。
軟岩Ⅰ	第三紀の岩石で固結の程度が良好なもの。風化が相当進み、多少変色を伴い、軽い打撃により容易に割り得るもの。離れやすいもの。き裂間の間隔は5～10cm程度のもの。
	第三紀の岩石で固結の程度が弱いもの。風化がはなはだしくもろいもの。指先で離し得る程度のもので、き裂間の間隔は1～5cmくらいのもの。

表-3 岩の分類 (日本道路公団)

大分類	小分類	岩 種	岩質の程度 (目安)	弾性波速度 (参考)
軟 岩	軟岩A	石墨片岩、砂岩、凝灰岩、蛇紋岩、花崗岩、集塊岩、片麻岩、緑泥片岩、粘板岩、閃緑岩、安山岩、かんらん岩	風化が進み、多少の変色も伴い、き裂が発達し(間隔10cm以下程度)、ハンマーでたたいて目にそって割れるもの。	2.0 km/sec 程度以下
	軟岩B	土 丹	1.0～3.0 km/sec 程度	
	軟岩C	凝灰岩、花崗岩、片岩、片麻岩、礫岩等が風化したもの。	風化がはなはだしく、き裂が発達し(間隔1～5cm程度)、ハンマーでたたいて容易に割れる岩の掘削は、ハイドロリックリッパによる施工が有効であるが、掘削後の状態がほとんど土砂状(礫状とならない)になるもの。	1.0 km/sec 程度以下
	軟岩D	転石が多く混入する土砂	原則として転石の混入率20%以上の土砂	
硬 岩	硬岩A	集塊岩、片麻岩、石灰岩、硬砂岩、頁岩、砂岩、礫岩、安山岩、ひん岩、粘板岩、角岩、玄武岩、かんらん岩、凝灰岩	凝灰質で強く固結したもの。岩自体変質せず大きいき裂(10～50cm程度)のあるもので、大ハンマーで数回たたいてかろうじて割れる程度のもの。	2.0～3.5 km/sec 程度

表-4 掘削の難易を主体にした岩の分類

名 称	岩 質 の 程 度 (目 安)	備 考
硬 岩 Ⅱ	新鮮な堅岩で、き裂が少なく密着したもので、岩質が最も硬いもの、コア採取率は良く（概ね90%以上）柱状を呈し、細片は含んでもわずかなもの。	弾性波速度km/sec 3 <
硬 岩 Ⅰ	岩石自体は変質せず、大きいき裂（10～50cm）が発達しているもの。層理、片理面にそって割れ易いもの。コア採取率は普通で、多数の細片を挟むもの	2～3
軟 岩 Ⅱ	風化は割れ目にそって進み、き裂は発達（10cm程度以下）し、ハンマーにより割れ目にそって割れるもの。コア採取率はやや悪く（40～70%）、5cm以下の細片が多量のもの。	1.2～2
軟 岩 Ⅰ	風化が相当進み、き裂が発達（5cm程度以下）し、ハンマーの軽い打撃により容易に割れるもの。コア採取率は悪く（40%以下）コアは細片状～角礫混り砂状のもの。	0.5～1.2
土 砂	岩の風化がはなはだしくもろいもの。指先で容易に割れる程度のもの、及び土砂、礫混り土等。	0.5 < } 0.8

岩の工学的な分類は、本来岩の工学的な性質、岩の掘削方法等とリンクしていなければならない。その点から見ると、建設省の岩分類は機械土工の進んだ現在、やや現状にそぐわないものになっている。

岩の工学的分類を行うのに多くの方法が用いられている。例えば、現地踏査、ボーリングコアの観察、掘進速度、弾性波探査等である。各分類法は、明確な工学的基準、例えば一軸圧縮強度や割れ目の間隔等、によっていないため、その境界附近の区分は不明確である。道路公団、道路協会分類では弾性波速度を1つの目安としており、リッパ作業の難易と弾性波速度を結びつけているため、掘削方法との対応もしている。

(2) 掘削のり面勾配、のり面保護工について

道路切取のり面の切工勾配は道路土工指針によると、表-5のように規定されている。表-5によると、岩盤は硬岩、軟岩とに区分され、それぞれ1：0.3～1：0.8、1：0.5～1：1.2となっている。しかし実際の選定ではもっときめ細かく規定がないと実務上運用が困難である。

道路公団では、軟岩、硬岩に分けて地質毎に採用率、崩壊率を分けて検討し、各岩級毎にどの範囲

表－5 地山の土質に対する標準のり面勾配

地 山 の 土 質		切土高	勾 配
硬 岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟 岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂 質 土	密実なもの	5 m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5 m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利または岩塊 まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布の よいもの	10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10 ~ 15m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの、または粒度分 布の悪いもの	10m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10 ~ 15m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘 性 土		0 ~ 10m	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊または玉石 まじり粘性土		5 m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

(注) : シルトは粘性土に入れる。上表以外の土質は別途考慮のこと。

が安定であるかを示している。

同様の例は、基準ではないが、各種の文献にのり勾配と岩盤分類との関係が示されている。表－6は道路公団をも含めたそのような研究成果を示したが、まだ確立されていない。

のり面保護工の選定も岩級を考慮して決定されるべきであるが、図－1に示されるように、硬岩、軟岩に分けその後風化しやすいか、きれつが多いかによって分けられている。

(3) 地すべりのり面の危険度制定

地すべりの危険度制定は、表－7によって行われ、危険度A、B、Cの3ランクに区分される。この表では一応土工量との対応も図られている。また、表－8、9に示されるように、地すべりに対する対策工として抑制工と抑止工に分けて一応の選定がされるようになっている。

一方のり面の危険度判定は表－9に示されるような採点表の試案が提案されている。この採点表は約2,000箇所のり面のデータを集積、解析した結果であるが、地域性等が考慮されていないこと、保護工の変状要因が入っていないこと、複数の保護工が施工されている時の保護工積のとり方等に問題がある。

同様の判定表は、道路公団、国鉄でも作成されており、それぞれやり方が異なっており、一長一短があるようである。

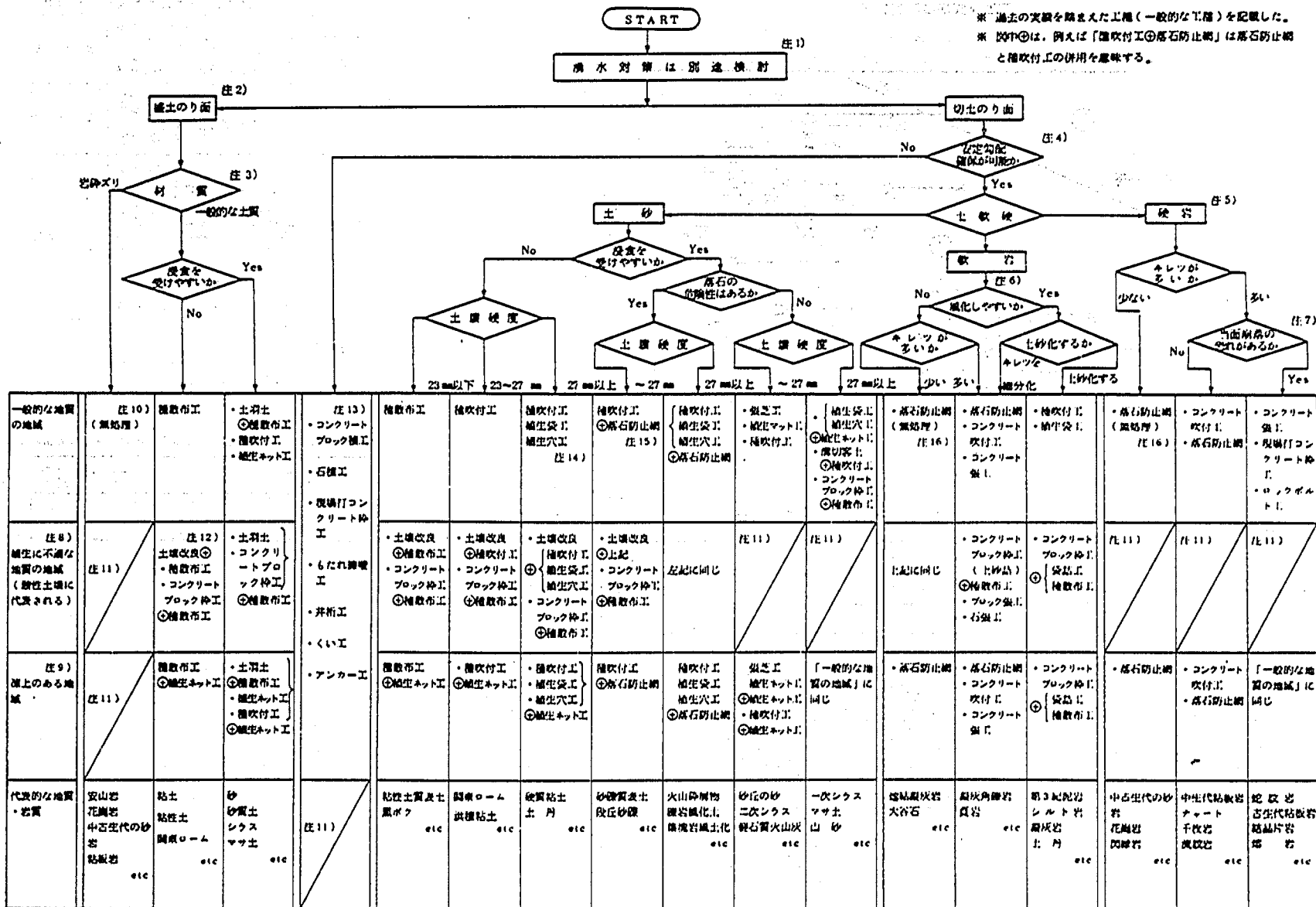
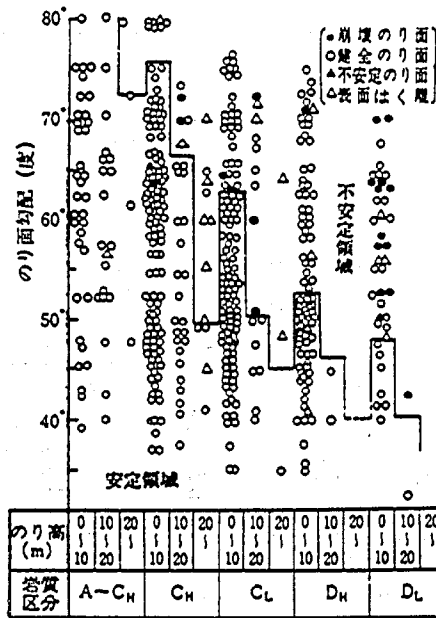


図-1 のり面保護工の選定図 (参考)

表-6 花崗岩類ののり勾配の提案一覧



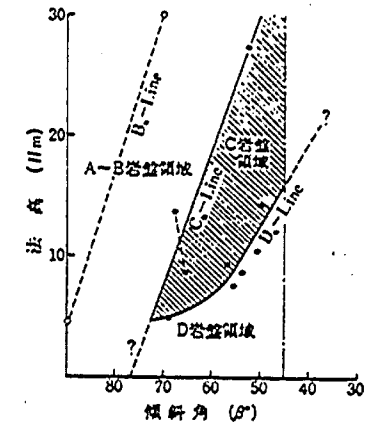
花崗岩既設のり面における岩質区分と境界のり勾配 (奥田, 1976)

風化区分	岩 質	弾性波速度 (km/s)
D 岩 盤	完全に風化したマサ状の軟弱な岩盤、砂質なものから粘土質なものまでであるが、シ、ヘルで容易に切削しうる。	1) 0.75~1.3
	岩形をのこすが、岩塊中心部まで一様に実質し、われ目はほとんど消滅、ところどころに未風化岩をのこすことがある。	2) 0.8~1.8
C 岩 盤	淡黄褐色を呈し、われ目ぞいのせうとう範囲が風化、全般にわれ目は開口し、ゆるんでいる。	1) 1.5 2) 1.8~2.0
A~B 岩 盤	われ目ぞいの風化は認められるが、岩石そのものは新鮮、硬質でわれ目ぞいのゆるみは少ない。	1) 3.7~3.8 2) 4.0~4.2

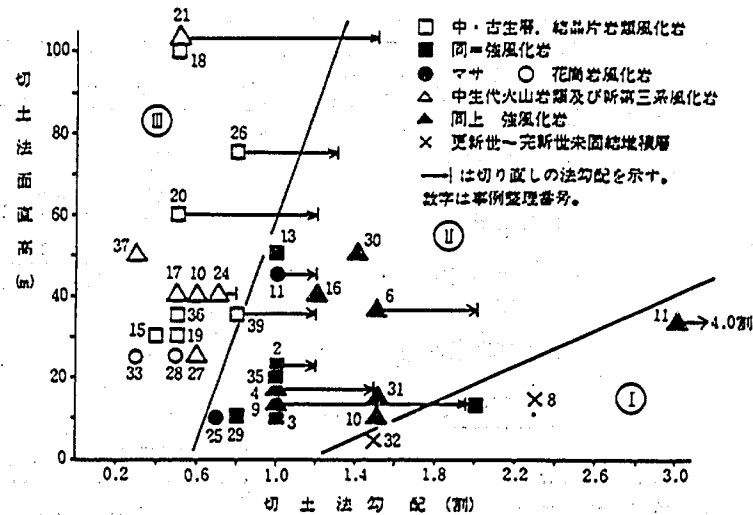
注1) この表は高速道路調査資料より要約した。
注2) 弾性波速度のうち、1)は安芸県石手川ダム、2)は石川県中ダムの資料である。

弾性波速度 (km/sec)	コア採取率 RQD (%)	割れ目の状況
0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0	20 40 60 80 100	
土壌硬度指数	シュミットハンマー-反発度	
10 20 30 40 50	10 20 30 40 50 60 70	
A	弾性波	岩盤 20-50cm
B	RQD	一部 割れ目
C _N		開口部に粘土質土
C _L		開口部に粘土質土
C _L		粘土質土の目詰り
D _N	シュミットハンマー-反発度	粘土質土の目詰り
D _L		粘土質土の目詰り
±-2	RQD=0	まさ
±-1	土壌硬度	まさ

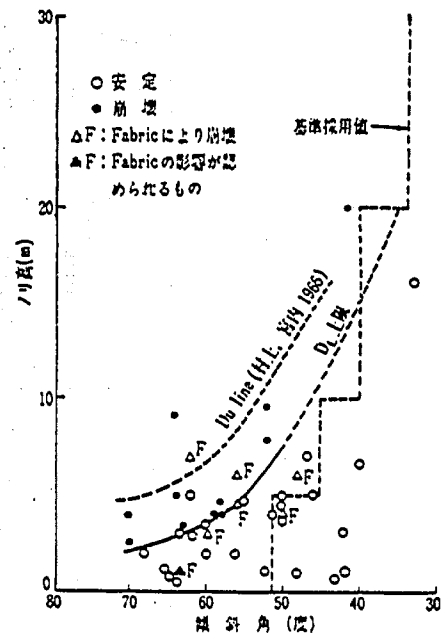
弾性波速度, RQD, 露頭視察による岩質区分 (花崗岩) (奥田, 1976)



風化区分別の境界のり勾配線



崩壊法面の直高と勾配



既存ノリ面調査結果の一例

花コウ岩に対する標準ノリ面コウ配

岩 質 区 分	岩 質 の 状 況					ノリ高とコウ配				
	岩区分	風化状況	ボーリングコア状況	地山での弾性速度 (P波)		ノリ高 (m)				
ノリ面設計上のマサ状風化岩	D	DL DH	土砂状岩	マ	砂 状	0.4~1.1 (km/s)	1.0 1.2	1.2 1.5	1.5 1.8	
風化花コウ岩	C	CL	極軟岩	マサに近くなった岩で、割れ目の少ないものおよび割れ目が密着した岩	砂 状 細片状	1.1~1.5	0.6 0.8	0.8 1.0	1.0 1.2	1.2 1.5
弱風化花コウ岩		DH	軟 岩	岩芯まで黄かっ色に変質した岩。節理が発達する。	角レキ状 短棒状	1.5~2.3	0.4 0.6	0.6 0.8	0.8 1.0	1.0 1.2 1.5
未風化花コウ岩		CH								
	B		硬 岩	大部分が新鮮な岩塊から成り、割状に節理が発達する	砂 状	2.3 以上	0.3 0.4	0.4 0.6	0.6 0.8	
	A									

無 処 理

軟 岩 I	1 : 0.8 ~ 1 : 1.5	5 m
軟 岩 II	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2	10 m (15 m)
中 硬 岩	1 : 0.5 ~ 1 : 1	15 m
硬 岩 II		

モルタル吹付

項 目 のり勾配 岩分類	の り 長 (m)					備 考
	軟岩 I	軟岩 II	中硬岩	硬岩 I	硬岩 II	
1 : 0.5			20 (25)	20 (25)	20 (25)	
1 : 0.8		15 (20)	25 (30)	25 (30)	25 (30)	
1 : 1		15 (20)	30 (35)	30 (35)	30 (35)	

植 生 工

項 目 のり勾配 岩分類	の り 長 (m)					備 考
	軟岩 I	軟岩 II	中硬岩	硬岩 I	硬岩 II	
1 : 0.5	(10)	(10)				
1 : 0.8	15	15				
1 : 1	20	20				
1 : 1 ~	20 (25)	20				

表－7 地すべりの危険度判定一覧表

危険度分	地すべりの変状・地形特性	地すべり変動程度	道路土工に対する留意点
A	主きれつ（1次きれつ）または末端きれつが発生しているもの、あるいは現在活動中の地すべりブロックで、土塊の切り盛り、排水不備などの人為的な環境変化の有無に係わらず道路、家屋等に直接の被害を及ぼす可能性の大きいもの	変動a 変動b	原則として路線を避けるが、止むを得ない場合は計画安全率を確保できるような対策工を検討する。
B	直接的な地すべり活動は認められないが、地形的に古い滑落壁が分布するなど、明らかな地すべり地形（崩積土、風化岩地すべり）を示し、地すべり発生の要因を有するもので、人為的な環境変化を直接の誘因としてすべり出す可能性が大きく、道路、家屋等に影響を及ぼすと想定されるもの。地すべりの拡大の可能性はあるが末端隆起を伴わないもの	変動c	地すべり頭部地区での盛土、ならびに末端部での切土をなるべく避け、止むを得ぬ場合でもその安全率の低下を原則として5%以内にとどめる。
C	地形特性として地すべり地形を示すが、現状では安定環境（変化を加えない限り問題なし）と考えられるブロックで、仮に大規模環境変化によって地すべりが発生しても拡大の可能性は少なく、その時点で地すべりの処理が可能と判断されるもの	変動cを生じる可能性あり	地すべり地の頭部末端部を問わず路線の選定は可能であるが、原則として安全率の低下は10%以内にとどめる

（注）変動a～c：表

地すべり変動程度

項目		地すべり変動程度			備考
		a	b	c	
傾斜変動	日平均（秒）	5以上	1～5	1以下	3以上
	累積（秒／月）	100以上	30～100	30以下	なし（断続変化）
伸縮計による地盤伸縮	日変位量（mm）	1以上	0.1～1	0.02～0.1	0.1以上
	累積変位量（mm／月）	10以上	2～10	0.5～2	なし（断続変動）

（注）備考の値は局所的な地盤変動、人為作用により発生したもので、地すべり変動ではないことがある。

表-8 地すべりの型と対策工法一覧表

主 な 原 因		地すべりの型	対 策 工 法										備 考
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
自然誘因	降雨・融雪浸透 地下水の増加 河川の浸食	岩盤地すべり	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○	◎最もよく用いられる工法 ○たびたび用いられる工法 △あまり用いられない工法
		風化岩地すべり	◎	△	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	○	
		崩積地すべり	◎	○	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	△	
		粘質土すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△	
人為的誘因	切 土 工	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	
		風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	
		崩積地すべり	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	△	
		粘質土すべり	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	△	△	
	盛 土 工	崩積地すべり	△	△	○	△	△	◎	○	◎	◎	○	
		粘質土すべり	△	△	△	△	△	◎	○	○	○	△	

摘 要

A：地表水排除工（浸透防止工，水路工）
 B：浅層地下水排除工
 C：深層地下水排除工（横ボーリング工，集水井工）
 D：地下水しゃ断工
 E：排土工，段切り（のり面保護工含む）
 F：押え盛土工（よう壁工，わく工を含む）

G：河川構造物
 H：くい工
 I：シャフト工
 J：アンカー工

表-9 法面採点表試案

法 高	10 m以下		15 m以下		20 m以下		30 m以下		30 m以上			
	1		2		3		4		5			
法 勾・配	1 : 0.3以下		1 : 0.5以下		1 : 0.8以下		1 : 1以下		1 : 1.2以下			
	5		3		1		1		1			
湧水状況	乾 燥			湿 潤			表 面 水			湧 水		
	0			1			2			2		
自然斜面 の状況	凸 斜 面				凹 斜 面				平 行 斜 面			
	1				2				0			
土質分類	礫・礫質土			砂・砂質土			粘 質 土			粘 土		
	8			4			2			0		
岩 種	変成岩, 蛇紋岩, 凝灰岩, 新第三紀層				深成岩, 古第三紀層 中・古生層				火 山 岩			
	10				5				0			
岩 分 類	軟 岩 I			軟 岩 II			中 硬 岩			硬岩 I・II		
	3			2			1			0		
割 目 の 状 況	多 い			やや多 い			やや少ない			少 な い		
	2			2			1			0		
植生環境	良				普 通				悪			
	0				1				2			
保護工種	擁壁工	枠 工	石 張 工 コンクリ ート張工	モルタル 吹 付 工	植生工	落石防 止柵工 網工	無処理					
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0					
判 断	現地の実情・過去の実績により, ±3点を限度として設定できる											

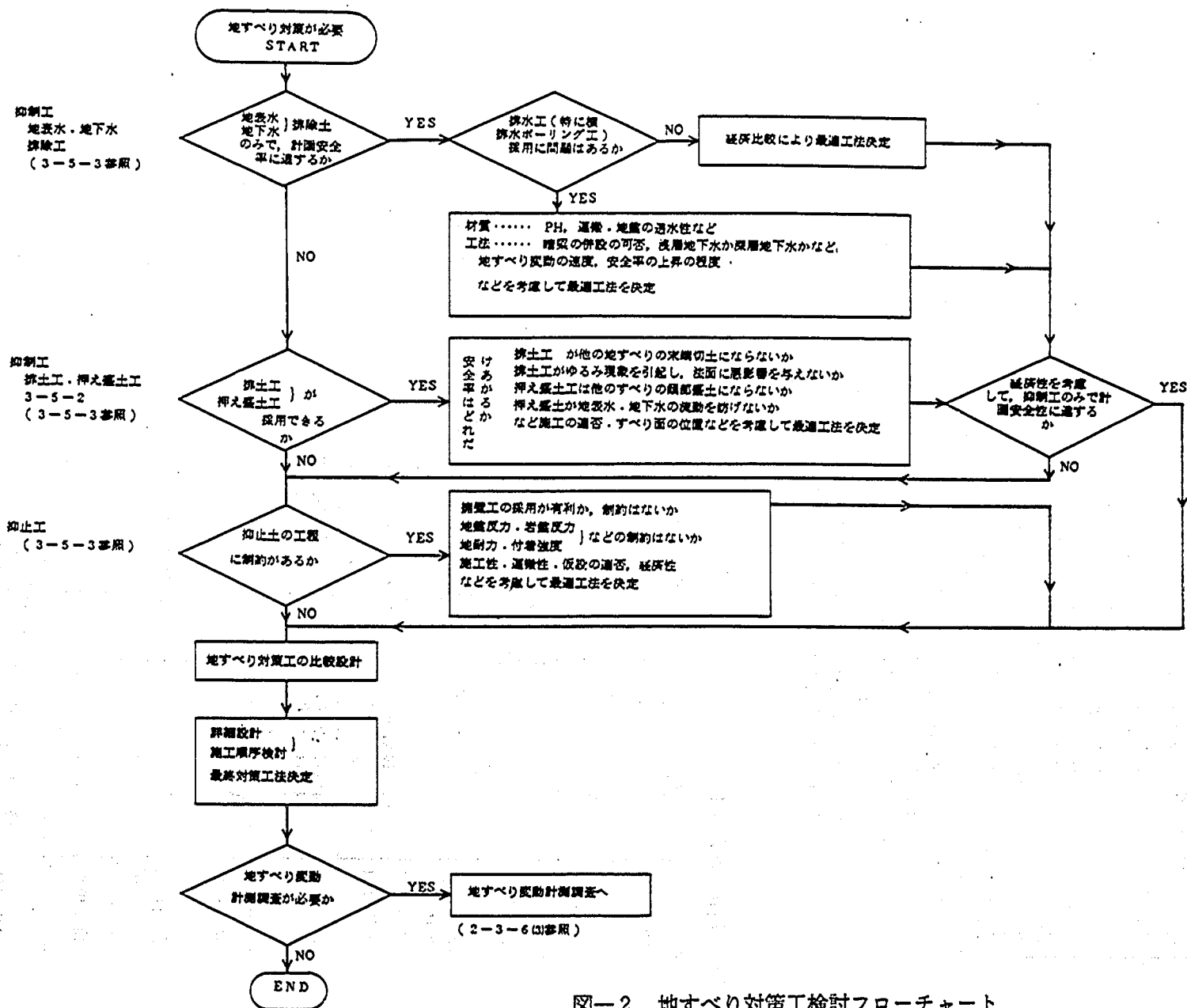


図-2 地すべり対策工検討フローチャート

(4) ダム関係岩盤分類について

(1)で述べた岩盤分類は掘削のためであった。ダム関係では種々の調査手法を用いて詳細な調査が行われ、その結果により岩盤設計が行われている。したがって個々のダムで行われている岩盤分類では各岩級にそれぞれ対応する岩盤の設計定数が与えられている。

ダムで用いられている岩盤分類は、表-10~12に示すようなものが用いられており、それぞれ得失がある。また最近では、この岩盤分類が拡大適用され、硬岩用に作成された岩盤分類が軟岩にも適用され、第17回地質担当者会議で検討したように、各岩級毎の設計定数に幅がありすぎることが問題である。早急に軟岩用の岩盤分類を作成することが望まれる次第である。

表-10 岩級区分の例(岡本, 安江)

(a) 岩 盤 の 区 分 基 準

(a) 下笠ダム(花崗岩・安山岩の例)			(b) 桜花ダム(凝灰角礫岩の例)		
区分要素	細区分	内 容	区分要素	細区分	内 容
岩塊の硬さ	A	堅 硬 ¹⁾	硬 さ	A	堅 硬
	B	一部堅硬、一部軟質、全体にやや軟質 ²⁾		B	中程度あるいは硬軟が入り混じる
	C	軟 質 ³⁾		C	軟 質
割れ目の間隔	I	50 cm 以上	割れ目の間隔 ⁴⁾	I	50 cm 以上
	II	50 cm~15 cm		II	50 cm~15 cm
	III	15 cm 以下		III	15 cm 以下
割れ目の状態	a	密 着	角礫の量比 ⁵⁾	a	50%以上
	b	開 口 状		b	50~20%
	c	粘土をはさむ		c	20%以下

- (注) 1) ハンマーで火花が出る程度
 2) ハンマーで強打して1回で割れる程度
 3) ハンマーでくずせる程度
 4) ここでの数値は一例であり、現場条件で異なる。
 5) 概算1 m²中の面積比

(b) 岩盤の評価

評価区分	評 価	細 区 分 の 組 合 せ
(A)	良 好	A Ia, A Ib, B Ia, B Ib
(B)	やや良好	A Ic, A IIa, A IIb, B Ic, B IIa, B IIb, C Ia
(C)	やや不良	A IIc, C Ib, C Ic, C IIa, C IIb
(D)	不 良	残りの組合せ

表-11 岩盤分類 (田中)

名称	特 徴
A	きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない、きれつ、節理はよく密着し、それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)きれつあるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C _{II}	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。 一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいはきれつの間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目によって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すればすこし濁った音を出す。
C _M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。 節理あるいはきれつの間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目によって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C _L	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 節理あるいはきれつの間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目によって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 節理あるいはきれつの間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。 剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

表-12 (1) 岩盤分類法 (菊地)

タイプ	地 質 分 類 岩盤分類基準による	土木地質的区分による	弾性波速度 (km/sec)	地 質 状 態
A	A I B	G-1 G-2 G-3	※ α群 4.5 以上 β 4.0 γ 3.0	キ 裂 状 態 α: マグマ質なものからかなり多いものまでの範囲 β: 少ないものから多少ある程度のもので γ: はほとんどない。
				岩石試料圧縮強度 α: 1,200kg/cm ² 以上 β: 800 γ: 500
				地山ポアソン比 0.16~0.23
				地 圧 作用しない。
B	B _L I C	G-2 G-3 G-4	α群 3.0~4.5 β 2.5~4.0 γ 2.0~3.0 δ 2.0 以上	キ裂および破砕状況 α: キ裂多く所々小断層をはさみ、場所によっては破砕質帯。 β: キ裂多く所々小断層をはさむ。 γ: キ裂が多少あるが軟岩 δ: 軟岩 (非常によく締った硬土も含む)
				岩石試料圧縮強度 α: 600~1,200kg/cm ² β: 400~1,000 γ: 200~500 δ: 50~200
				地山ポアソン比 0.18~0.35
				地 圧 一般には作用しないが、破砕質やユウ水で作用することあり。
C	C _L I D	G-4 G-5 G-6	α群 1.8~3.0 β 1.5~2.5 γ 1.0~2.0 δ 0.8~2.0	キ裂、破砕軟質状況 α: 破砕帯 β: 破砕帯もしくは、キ裂や小断層が多い。 γ: キ裂が多く破砕質または軟岩 δ: 軟岩または固結度の悪いもの (よく締った硬土砂も含む) 一般に切羽全面または一部が崩壊してくるような場合に適用する。
				岩石試料圧縮強度 50kg/cm ² 以下
				土 圧 作用する。
D	E	G-6 G-7	α群 1.8 以下 β 1.5 γ 1.0 δ 0.8	キ裂、破砕軟質状況 α・β: 破砕帯およびユウ水区間 γ: 破砕帯または軟質岩で固結度が悪い。 δ: 破砕帯または固結度が非常に悪い。 一般に未固結のタイ積土などで、切羽全面がユウ水により自立せずに流動化するような場合や、ユウ水が著しく多い破砕帯に適用する。
				岩石試料圧縮強度 50kg/cm ² 以下
				地 圧 大きく作用する。

※α、β、γ、δ群別の岩石区分は表-6.3.3に示す。

Dタイプの矢張り工は地質状況に応じて設計を行うものとする。

表-12 (2)

群	岩 石 名
α 群	① 古生層、中生層 (粘板岩、砂岩、レキ岩、チャート、石灰岩、輝緑凝灰岩等)
	② 深成岩 (花こう岩、花こう閃緑岩、閃緑岩、ハンレイ岩等)
	③ 半深成岩 (石英斑岩、花こう斑岩、ヒン岩、輝緑岩、ジャ枝岩等)
	④ 火山岩 (玄武岩)
	⑤ 変成岩 (結晶片岩、千枚岩、片麻岩、ホルンフェルス等)
β 群	① はく離の著しい変成岩
	② 細層理の発達した古生層、中生層 (ケツ岩、砂岩、輝緑凝灰岩等)
	③ 火山岩 (流紋岩、安山岩等)
	④ 古第3紀層の一部 (火山岩質凝灰岩、珪化ケツ岩、砂岩、凝灰岩等)
γ 群	古第3紀層～新第3紀層 (泥岩、ケツ岩、砂岩、レキ岩、凝灰岩、角レキ凝灰岩、凝灰岩等)
δ 群	① 新第3紀層～洪積層 (泥岩、シルト岩、砂岩、砂レキ岩、凝灰岩、段丘、ガイスイ、火山碎セツ物等)
	② 洪積層～沖積層 (粘土、シルト、砂、砂レキ、火山噴出物ローム、扇状タイ積物、ガイスイ、段丘等)
	③ 表土、崩積土

4. おわりに

現在、建設省関係で規定されている共通仕様書、基準、指針の地質に関係する部分のいくつかを取り上げ、問題点について述べた。3に述べた問題点は主として道路関係について述べたが、同様な問題点は、トンネル関係、ダム関係でもある。このような問題点を少しづつでも検討し、現在の技術水準に照し合わせて、より妥当性のある合理的なものへと改訂していくことが望まれる。

参 考 文 献

- 1) 建設省各地建、土木研究所、北海道開発局、日本道路公団、水資源開発公団、本州四国連絡橋公団制定：調査関係共通仕様書
- 2) 建設省河川局：河川砂防技術基準
- 3) 日本道路公団：設計基準（土工関係）
- 4) 水資源開発公団：ダム設計基準
- 5) 日本道路協会：道路土工－調査指針
- 6) 日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針
- 7) 建設省土木研究所：道路切取法面の安定に関する調査、土研資料 1935 号、昭和58年 3 月
- 8) 日本応用地質学会：岩盤分類、昭和59年10月

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

1899

1900

1901

1902

1903

1904

1905

1906

1907

2-3 指針基準等の検討 ー ボーリング ー

地質研究室 主任研究員 平 野 勇

CONFIDENTIAL
SECRET

CONFIDENTIAL SECRET

ボーリング調査の問題については、第18回地質担当者会議の「ボーリング調査の現状と問題——コアの記載・評価法、調査成果のまとめ方とその基準——」において検討を行って来た。今回は、これらの検討結果をふまえ、土木研究所地質研究室にてボーリング柱状図作成要領の原案を作成し、今回の地質担当者会議に諮ったものである。なお原案提出に先立って、本省、土木研究所、国土地理院、各地建、北海道開発局、関係公団の担当者からなる予備検討会を実施した。

ここに掲載した資料は、本会議における討議をもとに、地質研究室および関係研究室において検討を加え、「ボーリング柱状図作成要領（案）」として取りまとめたものである。

ボーリング柱状図作成要領（案）

ま え が き

今日、ボーリング調査は、土木分野における地盤調査の代表的な方法の一つとなっている。しかしながら、ボーリング調査の最も重要な成果品である柱状図は、調査業者独自の様式が使用されており、記載事項、内容とも各社それぞれまちまちである。そのため、同一調査箇所内あるいは箇所間で調査結果を用いて総合解析を行い、地質平面図、断面図等を作成し、地盤の評価を行うとき、データの脱落や記載基準、内容の不統一で不都合が生じることが多い。このようなことから、調査情報を統一的な形で組織的に入手することが極めて重要であると考える。

以上の点をふまえ、統一的な柱状図を作成し、記入要領と合せて「ボーリング柱状図作成要領（案）」を定めた。ボーリング調査の方法は、地盤の性質と構造物等の工種・工法によって異なるが、柱状図様式は一般的に行われているように、土質用と岩盤用との2つに分けて作成することにした。なお、この柱状図は、標準的なものであり特殊な試験・調査の場合には、目的に合致した柱状図を作成するものとする。

また、様式内容は、紙面の大きさからの制約があるので、既存の柱状図を参考に、必要最低限の情報をもれなく整理した形で記入できるようにした。なお、柱状図は、地盤に関する全ての情報が記入されているものではない。したがって、地質技術者による地質解析においては、ボーリングコアの観察を含め、他の資料と合せて総合的に行う必要があるのは言うまでもない。

さらに、ここではもう1つの重要な情報源である岩盤ボーリングコアの取り扱い・保管をする上での、採取時のコア処理、コア収納箱の大きさ等についても合せて定めた。

目 次

Ⅰ．岩盤ボーリング柱状図	79
Ⅱ．土質ボーリング柱状図	85
Ⅲ．コアの取り扱い・保管	89

1. 岩盤ボーリング柱状図

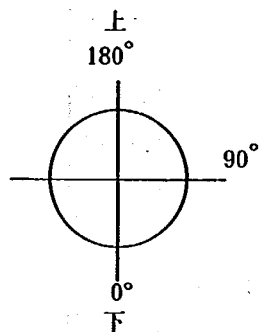
主として岩盤に対して行われるボーリング調査において作成する柱状図は付図—1に示すものを標準とし、その記入要領は下記による。

1. 調査名を発注業務名にそって記入する。
2. 事業・工事名を例えば〇〇地区地すべり防止工事、〇〇ダム基礎岩盤調査のように記入する。
3. ボーリングNoは、地質調査資料整理要領（技術管理業務連絡会）に従って記入するものである。
4. ボーリング名を調査現場における一連番号等によって例えば下記のように組織的に記入する。

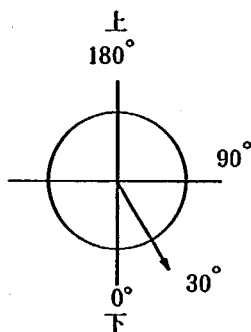
B-1, B-2, ……

既に調査実績のある現場については、それまでの記名方法に従う。

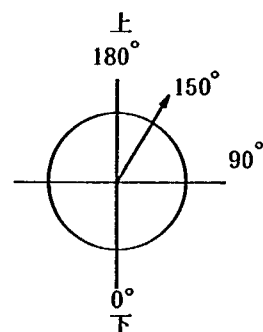
5. 調査位置については、調査現場の地名について都道府県、郡、市町村、地区名、番地を記入する。また、国土地理院 1/25000 地形図より、孔口の緯度・経度を1秒単位まで求め記入する。なお、国土基本図、その他の大縮尺地形図等があればそれをもとに 1/10秒単位まで記入する。
6. 発注機関は、建設省〇〇地方建設局〇〇〇工事事務所 担当課・出張所・係 電話〇〇〇（内〇〇）
〇〇〇公団〇〇〇建設所 担当課・係 電話〇〇〇（内〇〇）の例のように記入する。
7. 調査期間は、調査業務の開始から終了までの期日を記入する。
8. 調査業者名、主任技師、現場代理人、コア鑑定者、ボーリング責任者を記入する。
9. 孔口標高を測量結果に基づきT.P.で 1/100 m単位まで記入する。
10. 総掘進長は、調査対象となるボーリング区間長を 1/100 m単位まで記入する。
11. 角度は、鉛直線となす角度を下の例によって記入する。



鉛直下方ボーリング

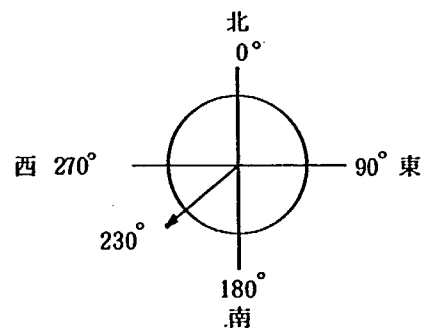


下方斜めボーリング

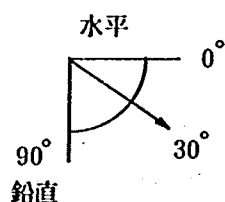


上方斜めボーリング

12. 方向については、斜めボーリングのとき記入し、掘進の方向を真北より右回り 360° 方位法で次の例のように示す。



13. 地盤勾配は、下方ボーリングのみ記入し、孔口を中心に斜面上下方向各々 5 m 程度の範囲の平均勾配を下の例のように記入する。



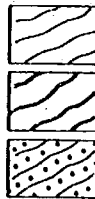
14. 使用機種については、試錐機、エンジン、ポンプのメーカー名、型式記号、能力について記入する。
15. 標尺は、孔口を起点に、1 m ごとに記入する。柱状図の左右端に 1 m ごとの目盛を入れる。縮尺は 1/100 を原則とする。
16. 標高については、19の岩種区分および22のコア形状区分ごとにその絶対標高を記入する。斜めボーリングについても絶対標高を求め記入する。
17. 深度については、岩種区分およびコア形状区分ごとにその孔口からの距離をもとに記入する。
18. 柱状図については、岩種区分に従って下記を参考に、図模様で記入する。

(1) 火成岩 構成鉱物の形態、岩石組織の特征的模様、斑晶などを図化し記号とする。

花崗岩 Gr		石英斑岩 Qp, リン岩 Pt, 輝緑岩 Dg などの半深成岩	
花崗岩 (マサ)			
その他、閃緑岩 Di, はんれい岩 Ga			
かんらん岩 Pd, 蛇紋岩 SP		流紋岩 Ry, 安山岩 An, 玄武岩 Ba などの火山岩	

(2) 堆積岩 層理、ラミナなどの堆積模様、構成粒子の粒径などを図化し記号とする。

凝灰岩 Ti		チャート Ch, 炭質頁岩, 砂質頁岩など	
石灰岩 La			
泥岩 Ms, 頁岩 Sh, 粘板岩 Si など			
砂岩 Sa, 礫岩 Co など		火山角礫岩 Vb, 凝灰角礫岩 Tb など	
砂岩, 頁岩, 砂岩, 粘板岩などの互層		熔結凝灰岩 Mt	

結晶片岩 Sch. 千枚岩 Ph. 片麻岩
Gn. ホルンフェルス Hr など

四点校样是局部的全实样表示。

表土および底層堆積物 T₂

結 L. Cl. 砂 S. 砂礫 Cl.
段丘堆積物 Te など

大山灰 A₃



角瓣状



砂・礫混り粘土状



粘土状



19. 岩種区分については、下記を参考に区分し、岩種名を記入する。

Figure 1: Classification of rocks based on the percentage of silicate minerals. The figure includes a ternary diagram on the left showing the percentage of silicate minerals (0 to 100%) and a corresponding classification table on the right. The table lists rock types such as igneous rocks (火成岩), sedimentary rocks (堆積岩), and metamorphic rocks (変成岩) based on their silicate content.

岩石の組成 (%)	岩石の種類
0	石英
25	無色鉱物
50	正長石 (Naに富む) → 斜長石 (Caに富む)
75	有色鉱物
100	黒雲母, 角閃石, 輝石, かんらん石

上表の岩石のほかに、次の大成層が一般に知られている。

蛇紋岩	通常酸性深成岩で塩基性深成岩に属していることが多い。緑～緑棕色を呈し、ちぎれ断片状がある。緑色部と白色部(方解石)とが割状に交差していることがある。
かんらん岩	通常酸性深成岩で緑色～黒緑色を呈し、副産物である、透輝石質で、黒白の斑点を生じている。
閃緑岩	緑紋岩の一種で、全体が無結晶質(ガラス質)である。灰黒～暗黒色を呈し、貝殻状の断口面を有する。
変形安山岩 (プロビライト)	安山岩が熱水作用を受けて変質した岩石で、通常緑色を呈し、貫気風の結晶が散在することが多い。
ペグマタイト	花崗岩類中に岩脈をなして産する。白～淡色を呈し、完晶質で、巨大な結晶の集合体となることが多い。
アブライト	花崗岩類中に岩脈をなして産する。白～淡色を呈し、完晶質で、細粒な結晶の集合体となることが多い。

(ボーリングポケットブック 1983 の P 318 ~ 320 参考)

		選別方法および採集物 目など	堅固程度		採出されて いないもの	採出されて いるもの	採出され ないもの
			物の 大きさ	粒			
物理的性質	水成砂岩	糸によって選別可能な 岩石で、採出目的の柱子の 大きさと堅固程度によって 分類される。	細	粒	結晶、シムト	灰岩、シル チン質	板状岩
			中	粒	砂	砂岩、アル コース砂岩	硬砂岩
			粗	粒	塊	礫岩、炭礫岩	
風成		風によって選別可能な石で、 ローエルのものと 砂質のものがある。	細	粒	ローエリ風成岩		
			中	粒	砂質風成岩		
			粗粒斑岩 粗粒		凝成してないもの	傾斜しているもの	
大山崎層群		大山崎堆積に由来する傾斜した 大規模の岩片が火口附近 に噴出したことでできた岩石で、 厚膜岩と大山崎の中割りの ものである。取戻岩はそれ の代表例である。	粒より大きく一様で 均質(1mm以下) 粗粒斑じり斑点状 (0.5-2mm以上)	大山崎 大山斑、大山泥 板石 大山斑、大山岩塊	御天宮、阿比留山	大山砂岩、御天宮砂岩、厚膜 岩、傾斜砂岩、 風成角礫岩、大山角礫 岩	
			主成分	石灰岩、ドーマイト			
			鉄 酸 塩 珪 質(SiO ₂) 燐	チャート			
化学的・物理的性質		物質が腐敗状態ないものはコ ーヒー状態で、まよって注 ぎ入れ噴出した岩石。	石 灰 燐 質(SiO ₂) 燐	石こう、石膏			
			石灰岩 頁岩	石灰岩 頁岩 泥岩、石灰 質泥岩、石灰			
			生物の遺骸が多数でてき た岩石。				

	石 名	岩石の組成・構造	原 岩	主な変成鉱物			
熱 変 成 岩	ヘルンフェルス	ち密で硬く、煤斑点に変 成鉱物を含むものがある	泥 岩	黒雲母、白雲母 緑柱石、きん青石			
	矽質輝石岩	方解石がモザイク状に組 み合わさっている	石灰岩	方解石、けい、石英、 石			
	珪 岩	石英がモザイク状に組み 合わさっている	砂 岩 チャート	石英、黒雲母			
広 域 変 成 岩	千 飯 岩	一方向にはげやすい	泥 岩	石墨、黒雲母			
	結 晶 片 岩	板状で、造岩鉱物の配列 に方向性がある	大成岩	けい、石英 絹かん石 絹雲母、十字石			
	片 麻 岩	しま状で、白黒の部分か らほぼにくい 黒色が粗相状をなすこと がある	堆積岩	黒雲母、白雲母 けい、絹石 鉄片石、正長石			
その他	所(ロイヤル)野	堆積岩	大成岩				

20. 色調については、明るい自然光の中で、湿潤状態で観察する。表現に用いる色は「黒、茶、赤、橙、黄、緑、青、紫、灰、白」を基本色とし、基本色以外は基本色の組合せ（原則として2色）とする。基本色を組合せる時は主色の前に従色を冠する（例：青緑色…青—従色，緑—主色）。また、必要に応じて「濃」および「淡」の形容詞をつけるとともに、黒味を帯びる時は「暗」の形容詞をつける。従色が特に微弱な時は「帯」の形容詞をつける。礫岩など雑多な色を呈する時は、何色と何色の「雑色」、色が入り混じっている時は何色と何色の「斑色」とする。
21. 硬軟については、下表の判定表によって区分し、記号で記入する。

硬軟区分判定表

記号	硬 軟 区 分
A	極硬，ハンマで容易に割れない。
B	硬，ハンマで金属音。
C	中硬，ハンマで容易に割れる。
D	軟，ハンマでボロボロに碎ける。
E	極軟，まさ状，粘土状。

22. コア形状については、下の判定表によって区分し、記号で記入する。

コア形状区分判定表

記号		コ ア 形 状
I		長さが50cm以上の棒状コア。
II		長さが50～15cmの棒状コア。
III		長さが15～5cmの棒状～片状コア。
IV		長さが5cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。
V		主として角礫状のもの。
VI		主として砂状のもの。
VII		主として粘土状のもの。
VIII		コアの採取ができないもの。スライムも含む（記事欄に理由を書く）。

23. 割れ目の状態については、下の判定表によって区分し、記号で記入する。

割れ目状態判定表

記号	割 れ 目 状 態
a	密着している，あるいは分離しているが割れ目沿いの風化・変質は認められない。

b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア

24. 風化については、岩種、風化時の環境条件によって風化状況が異なり一律に区分することができないので、現場ごとの状況に応じて下記の例のような区分表を作成して、区分記号を柱状図に記入する。区分基準に用いた区分表は、柱状図の末尾に付けておく。

コア風化区分表（花崗岩の例）

記号	風 化 の 程 度
α	非常に新鮮である。造岩鉱物の変質はまったくない。
β	新鮮である。有色鉱物の周辺に赤褐色化がある。長石の変質はない。
γ	弱風化している。有色鉱物の酸化汚染がある。長石の部分的な変質（白色化）がある。
δ	風化している。有色鉱物が黄金色あるいは周辺が褐色粘土化している。長石の大部分が変質している。
ϵ	強風化している。石英および一部の長石を除きほとんど変質し原岩組織は失われている。

25. 変質については、変質が認められる場合に記入するものとするが、変質を被った岩種、変質作用の種類によって、変質状況が著しく異なることが多く一律に区分することはむずかしいので、現場ごとの状況に応じて下記の例のような区分表を作成して、区分記号を柱状図に記入する。区分基準に用いた区分表は、柱状図の末尾に付けておく。

変質区分表の例

記号	変質区分	変 質 状 況
1	非変質	肉眼的に変質鉱物の存在が認められないもの。
2	弱変質	原岩組織を完全に残し、変質程度（脱色）が低いもの。あるいは非変質部の割合が高いもの（肉眼で50%以上）。
3	中変質	肉眼で変質が進んでいると判定できるが、原岩組織を明らかに残し、原岩判定が容易なもの。または非変質部を残すものおよび網状変質部。
4	強変質	構成鉱物、岩片等が変質鉱物で完全置換され、原岩組織を全く～殆んど残さないもの。

26. 記事については、表土、崖錐堆積物、河床砂礫、段丘堆積物、火山噴出物、泥流堆積物、基盤岩等の地盤の成因的区分および粒度組成、堆積構造、捕獲岩、細脈、変質脈、断層、破碎帯、不整合面、急冷周縁相、空隙等の性状ならびに節理、へき開、片理等の割れ目の種類、性状、みかけの傾斜（掘

進の直交方向となす角度) 頻度など柱状図、岩種区分、色調、硬軟、コア形状等の欄に表現できないものについて記入する。また、急激な漏水、空洞およびコア採取不能等の掘進作業における特記事項について記入する。

27. コア採取率はサンプラー引き上げごと、最大コア長、RQDは1m区間での値をグラフに示し、数値を併記する。
28. 岩級区分については、コアの硬軟、コア形状、割れ目の状態、風化、変質、コア採取率、最大コア長、RQD等の岩盤性状をもとに行うが、分類基準は調査目的によって異なるので、それに応じた方法で記入する。なお、個々の工種、工法に対する工学的な評価を対象とした区分はある程度調査資料がまとまった後、総合的な岩級区分基準を作成し、これに基づいて行うことが多い。いずれにしても、区分に用いた岩級区分基準表を柱状図の末尾に付けておく。
29. 空欄については、その他、組織的に区分し記載する事項等があればそれについて記入する。
30. 孔内水位については、毎日の作業開始時の孔内水位を記入する。測定月日を併記する。
31. () 試験については、ボーリング孔およびコアを利用して行った試験の解析図、求めた数値を記入する。例えば、ルジオンテストにおけるP-Q曲線およびルジオン値、あるいは標準貫入試験結果等を記入する。
32. 現位置試験については、31に示した試験以外のものについて、試験区間深度および試験名を記入する。
33. 室内試験については、岩石物理・力学試験・岩石鉱物分析等の室内試験にコアを利用したとき、その試験番号と試験名および区間深度を記入する。
34. 掘進月日は、日ごとの掘進区間を深度と月日で示す。
35. 掘進速度は、1掘進ごとの掘進区間長と実所要時間より求める。
36. 孔径、孔壁保護については、掘削孔径およびケーシング、セメンテーション等の孔壁保護等を行ったとき、方法名と区間深度を記入する。
37. コアチューブ、ビットについては使用したコアチューブ、ビットの種類を区間深度と併記する。
38. 給圧は、掘進時の給圧について記入する。
39. 回転数は、掘進時の回転数について記入する。
40. 送水圧は、掘進時の送水圧について記入する。
41. 送水量は、掘進時の送水量について記入する。また、掘削水の種類(清水、泥水、その他、および無水)について記入する。
42. 排水量は、掘進時の排水量を記入するもので、送水量、逸水量、湧水量の総和となる。

Ⅱ. 土質ボーリング柱状図

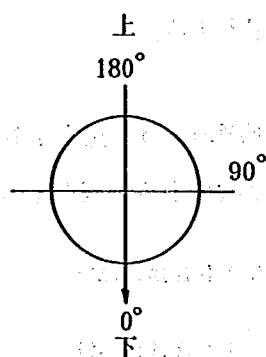
主として土質地盤に対して行われるボーリング調査において作成する柱状図は、付図-2に示すもの基準とし、その記入要領は下記による。

1. 調査名を発注業務名にそって記入する。
2. 事業・工事名を例えば国道〇〇線△△橋梁建設工事、〇〇川△△水門建設工事のように記入する。
3. ボーリング№は、地質調査資料整理要領（技術管理業務連絡会）に従って記入するものである。
4. ボーリング名を調査現場における一連番号等によって例えば下記のように組織的に記入する。

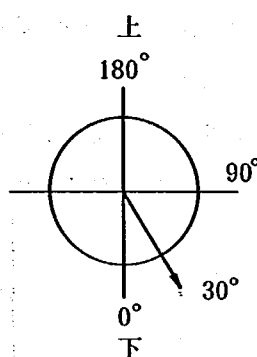
B-1, B-2, ……

既に調査実績のある現場については、それまでの記名方法に従う。

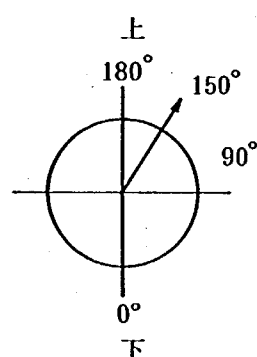
5. 調査位置については、調査現場の地名について都道府県、郡、市町村、地区名、番地を記入する。また、国土地理院 1/25000 地形図、国土基本図、その他の大縮尺地形図等により、孔口の緯度、経度を 1/10 秒単位まで求め記入する。
6. 発注機関は、建設省〇〇地方建設局〇〇〇工事事務所 担当課・出張所・係 電話〇〇〇（内〇〇）
〇〇〇公団〇〇〇建設所 担当課・係 電話〇〇〇（内〇〇）の例のように記入する。
7. 調査期間は、調査業務の開始から終了までの期日を記入する。
8. 調査業者名、主任技師、現場代理人、コア鑑定者、ボーリング責任者を記入する。
9. 孔口標高を測量結果に基づき T.P. で 1/100 m 単位まで記入する。
10. 総掘進長は、調査対象となるボーリング区間長を 1/100 m 単位まで記入する。
11. 角度は、鉛直線となす角度を下例によって記入する。



鉛直下方ボーリング

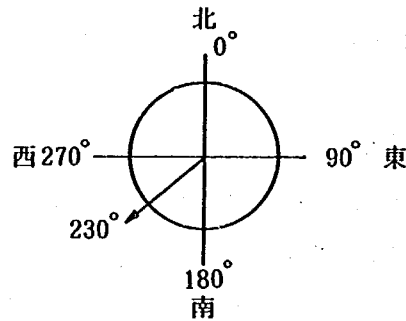


下方斜めボーリング

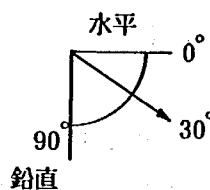


上方斜めボーリング

12. 方向については、斜めボーリングのとき記入し、掘進の方向を真北より右回り 360° 方位法で次の例のように示す。

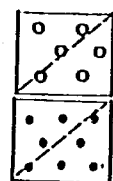


13. 地盤勾配は、下方ボーリングのみ記入し、孔口を中心に斜面上下方向各々 5 m 程度の範囲の平均勾配を下の例のように記入する。



14. 使用機種については、試錐機、エンジン、ポンプのメーカー名、型式記号、能力について記入する。
ハンマー落下用具は、トンビ、コーンプリーまたは自動落下の区別を記入する。
15. 標尺は、孔口を起点に、1 m ごとに記入する。柱状図の左右端に 1 m ごとの目盛を入れる。縮尺は 1/100 を原則とする。
16. 標高については、19の土質区分ごとにその絶対標高を記入する。斜めボーリングについても絶対標高を求め記入する。
17. 深度については、土質区分ごとにその孔口からの距離をもとに記入する。
18. 層厚は、土質区分ごとの区間長を記入する。
19. 柱状図および土質区分は日本統一土質分類（表一）を基調に下図のように記入する。

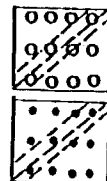
- ① 土質については土質材料によって記入し、必要に応じて例えば次のように補助記号を併用する。



シルト混り礫 (G-M)



シルト混り砂 (S-M)



シルト質礫 (GM)

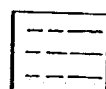


シルト質砂 (SM)

- ② 互層については、おおよその構成比によって欄を縦割にし、次の例のように記入する。



砂・粘性土互層 (S/M)



シルト・粘性土互層 (M/C)

- ③ 特殊土、岩盤、玉石については、特殊土材料および岩石材料によって記入する。

- ④ 表土、埋土、廃棄物については、記事の欄に土質材料等を記入する。

なお、次の区分表は肉眼判定で行う場合を示したものであり、粒度試験を実施したときはそれに基づいて記入する。図模様は下記を参考にする。

表一 土質名とその定義または説明，ならびに工学的分類体系との対応

四角分 類名	土 質 名	定 義 又 は 説明	工学的分類体系との対応
砂	粗砂 中砂 細砂	ほとんどの粒子が 2~75mmの場合 細粒分が 20~75mmの場合 5%未満 5~20mmの場合 2~5mmの場合 かなりの砂分を含む	(G)
	シルト 粘土 有機質土 火山灰	細粒分が 5%以上 15%未満 シルト 粘性土 有機質土 火山灰質粘性土	(G-M) (G-C) (G-O) (G-V)
砂質土	シルト 粘土 火山灰	細粒分が 15%以上 50%未満 シルト 粘性土 有機質土 火山灰質粘性土	(GM) (GC) (GO) (GV)
	砂 粗砂 細砂	砂を含む ほとんどの粒子が 75μmから 2.0mmの場合 0.42mmから 2.0mmの場合 75μmから 0.42mmの場合	(S)
砂質土	シルト 粘土 火山灰	細粒分が 15%以上 50%未満 シルト 粘性土 有機質土 火山灰質粘性土	(SM) (SC) (SO) (SV)
	砂 粗砂 細砂	細粒分が 5%以上 15%未満 シルト 粘性土 有機質土 火山灰質粘性土	(S-M) (S-C) (S-O) (S-V)
シルト	砂質シルト シルト 粘土質シルト	砂分が目立つ シルトとシルト 質粘土の中間 シルトとシルト 質粘土の中間	(ML) (MH)
	粘性土	砂分が目立つ シルト質粘土 粘土 シルト質粘土 粘土	(CL) (CH)
有機質土	有機質シルト 有機質シルト粘土 有機質砂質粘土 有機質粘土	細粒分が 50%以上 無機成分はシルト 無機成分はシルト 質粘土 無機成分は砂質粘 土 無機成分は粘土 無機成分は火山灰質粘土	(OL) (OH) (OV)
	火山灰質土	火山灰質粘土 火山灰質粘土 火山灰質粘土	(VH) (VH) (VH)
高有機質土	泥炭など 泥炭など	腐植質の高有機質土 分解の進んだ高有機質土	(Pt) (Pt)

(日本統一土質分類抜粋)

20. 色調については、明るい自然光の中で、湿潤状態で観察する。表現に用いる色は「黒、茶、赤、橙、黄、緑、青、紫、灰、白」を基本色とし、基本色以外は基本色の組合せ（原則として2色）とする。基本色を組合せる時は主色の前に従色を冠する（例：青緑色…青—従色、緑—主色）。また、必要に応じて「濃」および「淡」の形容詞をつけるとともに、黒味を帯びる時は「暗」の形容詞をつける。従色が特に微弱な時は「帯」の形容詞をつける。礫岩など雑多な色を呈する時は、何色と何色の「雑色」、色が混じっている時は何色と何色の「斑色」とする。
21. 相対密度および相対稠度は、下を参考に記入する。

砂地盤の相対密度の表現法

相対密度	N 値
非常に緩い	0～4
緩い	4～10
中ぐらい	10～30
密な	30～50
非常に密な	50以上

細粒土の相対稠度区分と状態表現（ASTM D 2488 参考）

状態表現	現場における判別方法 (原位置土に対する親指試験)
軟らかい(soft)	親指をたやすく押し込める
中位 (firm or medium)	かなり力を入れないと親指は押し込めない
硬い(stiff)	親指でへこませることはできるが、親指を貫入させるには非常に大きな力を要する
非常に硬い (very stiff)	親指の爪はたやすく入る
固結した(hard)	親指の爪も入らない

22. 記事については、沖積層、洪積層等の地質年代的区分、表土、腐植土、崖錐堆積物、段丘堆積物、火山噴出物、土石流堆積物、泥石流堆積物、風化岩等の成因的区分、および粒度構成、礫の形態、腐植質、貝化石、含水状態等の特徴について、ならびに掘進作業における特記事項について記入する。
23. 空欄については、その他の組織的に区分し記載する事項があればそれについて記入する。
24. 孔内水位については、毎日の作業開始時の孔内水位を記入する。測定月日を併記する。
25. 標準貫入試験については、深度、10cm毎の打撃回数および打撃回数／貫入量を記入する。N値については、折れ線グラフを用いて表わし、数値を併記する。
26. 現位置試験については、物理検層、孔内載荷試験等の試験について、試験深度、試験名、および試験結果を記入する。
27. 試料採取については、採取深度、試料番号、採取方法について記入する。
28. 室内試験については比重試験、含水量試験、粒度試験、コンシステンシー試験、圧密試験、三軸圧縮試験等の室内試験を行ったものについて、その試験名、試験番号および区間深度を記入する。
29. 掘進月日は、日ごとの掘進区間を記入する。

Ⅲ. コアの取り扱い・保管

岩盤ボーリングコアはφ50mmで採取されることが多いので、以下については、φ50mmの例について示す。その他の大きさのものは、寸法、重量等を考慮して、φ50mmの場合を準用する。また土質ボーリングについても、以下に述べるもので、適用できるものは準用する。

1. コア箱

(1) コア箱は、内寸法で長さ 103 cmとし、長さ 100 cmのコア 5 本を収納できるものとする。

(2) コア箱の記載は次のようにする（付図－3 参照）。

① フタの表

調査名、ボーリング名、コア箱番号、区間深度、調査期間、調査業者名を記入する。

② フタの裏

ボーリング名、コア箱番号、区間深度を記入する。また調査サイトにおけるボーリング位置図等を入れるのが望ましい。

③ 側面

ボーリング名、コア箱番号、区間深度を記入する。

④ コア箱及び深度記入板

ボーリング名、コア箱番号、区間深度および標高を記入する。深度記入板には 1 掘進長ごとの掘進深度を記入する。また、岩石試験等に利用するために、コアを抜き取ったときは、そのコア深度とサンプル番号を表示する。

(3) 材質その他

① 材質は、合板またはプラスチック製とし、金具等も含め十分強度を有するものとする。

② コア箱の両端側面に、木片または掘り込み等を設けて取っ手を付ける。

③ コア箱のフタは、フタとコアとのすき間を小さくするため、箱状でなく一枚板とするのが望ましい。

2. コア採取とコアの収納

(1) 掘進、コア採取にあたっては、慎重を期し、コアの破損、変形を防ぎ、採取率の向上を計る。

(2) コアチューブよりサンプルを出すときは、長いといにあげ、正しく配列したのちコア箱に収納する。このとき、コアをたたいたり折ったりして、破損等をしないようにする。

(3) 連続コアでコア箱に収納できないものは、電動カッターで切断して入れる。

(4) コアチューブ引き上げごとに深度記入板を入れ、引き上げ単位を明示しておく。深度記入板は、釘で仕切板に固定しておく。

(5) スレーキングを生じるような軟岩で、室内試験等に供する必要があるときは塩化ビニールまたはアクリルチューブ等に入れ、ビニール袋に封入するなどの処置が必要である。

3. コア写真

(1) コア写真は、コア収納後できるだけ速やかに撮影する。そのとき、コアは湿潤状態でコア箱に垂直

方向とし、カラーチャートを添え好ましい露出条件とする。

- (2) コア写真は、例えば(付図-4)のように、コア写真の縮尺に合うように電子複写等で縮尺を調整した柱状図の一部に貼付すると、コア状況と記載・試験値等との対比ができ便利である。

4. コアの保管

事業、工事等の性格によっては、地質調査は長期にわたり、また施工、管理段階においても調査の再検討の必要性が出て来る場合もある。このようなことから、各々の事業、工事等の性格を考慮した上で、コアの保管を行う。コア箱は湿気等で老朽したりしないよう、また必要に応じて容易にコア箱を出し、観察できるよう、棚などを使って倉庫等に保管しておくのが望ましい。

事業・工事名

ボーリングNa

シート No.

ボーリング名											調査位置											北緯																															
発注機関											調査期間											東経																															
調査業者名	電話()										主任技師										現代理人											コ定者											ボーリング責任者										
孔口標高	m	角度	上	180°	方	北10°	90°	地盤勾配	水平	使用機種	試錐機																																										
総掘進長	m	度	下	0°	向	270°西	180°南	鉛直	0°	90°	エンジン											ポンプ																															

[illegible]

(岩盤調査用ボーリング柱状図様式)

付図一 1 岩盤調査用ボーリング柱状図様式

調 査 名

事業・工事名

ボーリングNa

シート Na

ボーリング名					調査位置					北緯	°	'
発注機関					調査期間					東経	°	'
調査業者名	電話()		主任技師		現代理人	コ定者				ボーリング責任者		
孔口標高	m	角	上	180°	方	北	0°	地盤勾配	水平	使用機種	試錐機	ハンマー
総掘進長	m	度	下	90°	向	270°	西	鉛直	0°	エンジン	ポンプ	

[illegible]

(土質調査用ボーリング柱状図様式)

付図-2 土質調査用ボーリング柱状図様式

付図一 3 コア箱記入例

① フタの表

調査名	
ボーリング名	コア箱番号
区間深度	
調査期間	
調査業者名	

② フタの製

ボーリング名 コア箱番号 区間深度	ボーリング位置図 
--	--

③ 側 面

ボーリング名	区間深度
--------	------

ボーリング名	区間深度
--------	------

④ コア箱及び深度記入板

調 査 名

事業・工事名

ボーリンクNa

シート No

ボーリング名		調査位置		北緯		° ' "	
発注機関		調査期間		東経		° ' "	
調査業者名		主任技師		現代場人		コ定ア者	
電話()		ボーリング責任者					
孔口標高	m	角上	180°	方	北10°	地盤勾配	水平
		下	90°	向	270° 西 90° 東 180° 南	鉛直	0° 90°
総掘進長	m	度				使用機種	
						エンジン	
						ポンプ	

[illegible]

付図—4 コア写真集例

(岩盤調査用ボーリング柱状図様式)

討 論

桑原（司会） 一区切りずつにまとめて御議論していただきたいと思います。まず、岩盤ボーリングの方ですが、ラベルの所まで御意見をいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

質問 方位の北は磁北ですか。真北ですか。

平野 真北です。

質問 メッシュコードは記入しないのですか。

平野 緯度、経度を書いておけば、メッシュコードは、いつでも記入できると考えています。

桑原 予備にメッシュコードは入れた方がよいのでしょうか。

質問 全国的なコーディングがいっぱいであるのなら、メッシュシステムがありますから、これとの関連はどうなるのかと思います。

平野 基本的には必要な情報はここに記入しておりますので、情報センターのコーディングに関しても、これに入れる必要最低限の情報はここにあるわけです。それで、これを整理して改めて登録するときには記入することにしております。といいますのは記入の限度が、難しい問題でございまして、全部記入するとすれば、約半ページ必要になってしまいます。それとボーリング番号ですが、このように受注者では、わからないようなものがあるわけです。もう一つは、事務所である程度ボーリング資料が蓄積されてきて、改めて一連番号をつけることもございます。このように受注者側では書きにくいものもあるだろうと思っています。

質問 ダムサイトの地質調査では情報公開等に関して、地元関係者といろいろな議論がでて来るのですが、建設情報センターの地質調査資料整備要項でナンバーをうつことと情報公開との関係は、どのように考えていけばよいのでしょうか。

桑原 一応、ここでは建設情報センターとはまったく無関係と考えて議論を進めております。

質問 情報センターにはダム関係の情報はとりあえず入れないことになっているのではないのでしょうか。

桑原 今のところ、建設情報センターに入れるのは、土質の方ということになっております。

大木 今情報センターで進めておりますのは、土質だけで岩盤の方での、このような関係の話はこれからということです。今日の御議論は、その辺とは切り離して、若干の業者から提出されているようなものとの関係を御議論していただきたいと思います。

情報公開とのからみがあり、非常に難しい問題ですが、これは次のステップにあるはずで、次の機会にお考えいただきたいと思います。

質問 ボーリング名のB1というのは例ですね。

平野 そうです。

質問 Bはボーリングの頭文字であり、混乱しやすいので例ということを明記して下さい。そうしないとボーリング名にはすべてBの頭文字をつけなければならないと読めてしまいます。

桑原 是非そのようにいたします。例えばグリッド番号等を入れている所もありますし、番号の付け方は事務所によって違いますので。

質問 地盤勾配を記入する理由は何でしょうか。

桑原 地盤勾配は、足場がどうなっているかを推測するために入れたもので、平地で掘る場合は足場がしっかりしていますから、いいコアがあがってくるだろうなどということを推測するために書いているものです。

質問 表紙に位置図等を入れることを考えておられますか。

平野 今は考えておりません。

質問 前回の打ち合せでは経・緯度は秒単位までと決めたと思うのですが、先程の説明では情報センターの基準に合わせたということなのでしょうか。九州地建内では秒単位でも、やや抵抗があるようです。経・緯度はやはりこの位が必要だということなのですか。

平野 これはどちらを優先するかということです。情報センターに将来入力する場合は、1/10秒までが必要で。ですから逆に情報センターに入力する場合1/10秒は無理だということにするか、我々が情報センターに合わせるのかという問題だと思います。

桑原 地図から読み取る時に、秒単位でも難しいということですね。

質問 実際、難しいという訳ではなく、手間の問題ではないかと思います。1/10秒となると、かなり計測時に誤差がでてこないでしょうか。特に2万5千分の1位の地図で測りますと。

平野 計測時ともう一つは、ボーリング孔の位置をプロットする時が一番難しいですね。

質問 実際の位置図を見ている場合、正確に1/10秒単位で求めてあれば、確かに使う側としては分かりやすいのですが、位置図のボーリング孔位置そのものが、必ずしも正確にプロットされていないという例が多いようです。

質問 2万5千分の1の1/10秒はだいたい3mから4m位になりまして、これは地形図では0.1mm位まで読めなくてはならないということになり、難しいのではないかと思います。

桑原 位置をおとす時にも問題がありますし、1/10秒まで記入するのは無駄だということですね。

質問 2万5千分の1ではそうだと思います。

平野 実際問題として、やはり1/10秒と言うのは不可能に近いと思います。ですから、原案に戻して1秒単位にしたいと思いますが、情報センターとの関係はどうでしょうか。

桑原 情報センターとは関係なく進めたいと思います。

質問 情報センターと切り離すのであれば、緯度・経度は不必要であると思いますが。また、メッシュコードがあれば検策のときに非常に便利であると思います。

大木 メッシュコードは今、全く不必要と言うことではなくて、大づかみにとらえて行くやり方としては、必要とも思います。

検索システム等については、再度、メッシュコードも含めて検討させていただきたいと思います。

桑原 他にラベルの所で御意見ございますでしょうか。それでは、次の柱状図の方へ進めていきたいと思

います。

質問 岩盤ボーリングと土質ボーリング両方ですが、標尺が左端にしか書いてありませんが、右端にも付けた方がよろしいかと思います。

平野 もちろん見る方としては、それが良いのですがスペースの問題があります。掘進状況の記載を検討した後スペースがあれば両端に記入した方が良いでしょう。

質問 今の話ですが、目盛だけ入れるタイプなのでしょうか。

平野 数字は入れないで目盛だけです。両側入れる方向で検討致します。

質問 縮尺はどの位ですか。

平野 100分の1です。

質問 コア形状・割れ目の状態・風化の項目は、互いに重複しているように思います。風化については、 α ・ β の区別がつけにくく、コア形状のV・VI・VIIも類似しており、もう少し明解にしておいた方が良いでしょう。また、コア形状でIVの外周の一部が認められるものと、Vの認められない角礫状というのが意味不明です。これはビニールチューブを使用してコアを上げてくる場合に、問題になるので注意点をに入れておいていただきたいと思います。

平野 コア形状のIVとVの違いは、微妙でして、IVは何となくコアが連続的で隣同士が分かるようなもの、Vはバラバラになってどれとどれが連続しているのか分からないものです。おそらくIVとVはコアの取り扱いによって変わると思われ、御指摘の通りだと思います。

質問 コア形状のVIIの粘土状とは、どういうものなのでしょうか。

平野 VIIはサラサラした感じのもので、VIIは粒度が小さいということだけでございます。成因は考えに入れておりません。

質問 コア形状を分ける目的からは、V・VI・VIIを区分する必要はないのでしょうか。

平野 基本的にはVからVIIは、 D_L という用語があるかどうか分かりませんが、これに相当するもので、ダム基礎として考える場合は、一括すべきものだと思います。

桑原 ただ、ダム基礎だけではないんですね。例えばすべり面などですと、こういう区分がないと分かりにくいのではないかと思います。

先程の割れ目の状態と風化等の項目は、もう少し整理しなければならないと思います。

質問 風化ですが、これは花崗岩の例ですね。例えば、「コアが非常に滑らかな」と書いてありますが、凝灰岩などでは滑らかな状態でコアを上げるのは難しく、新鮮な岩石であっても、相当悪い方に書かれるのではないかと思います。

桑原 そうですね、コア形状～風化につきましては、土木等の他の記載例も参考にしまして整理したいと思います。

次に掘進状況の所で、掘進月日と掘進時間の欄がありますが、これらは会計検査等に関係しており、入れて良いのかどうかをお聞きしたいのですが、東北地建から順に報告していただけないのでしょうか。

東北地建 ここまで指摘されたことはないのですが、1m毎の掘進時間では影響はないのではないかと思います。

う感じでおります。

関東地建 一応、出先の意見を聞いてみました。大半は記入の必要はないのではないかという意見でした。

ただ、記入が必要だという意見もありまして、岩分類の硬軟が読み取れるなどの意見がありました。

北陸地建 特に記入する必要はないと思います。これを記入しますと、問題がでてくるのではないかと
思っています。

中部地建 掘進時間については、積算時の目安になるのではないかと思います。掘進時間、回転数と刃先、
メタルを使うか、ダイヤモンドビットを使うかなどによって、相関的なものが分かるのではないかと
思います。

平野 その相関というのは、岩の状況がそれで分かるということですか。

中部地建 そういうことです。一概にはいえませんが、ある程度の目安になるのではないかと思います。

平野 室内実験では給圧、回転数と岩の一軸圧縮強度との関係を検討したことがありますが、まだ現場では
そのまま使えるという状況にはないような気がしています。

近畿地建 掘進時間については、問題もありまして、抜いておいた方が良いという状況です。

中国地建 掘進時間は八栄ダムのチャートの例のように、掘進の実態を知るためにも必要だと思います。

四国地建 問題があるので、記入しない方向で検討していただきたいと思います。

九州地建 掘進時間は機械の性能によって変わるので、記入しない方が良いという意見が出ております。

北海道開発局 これらは野帳に記入しておりますので、柱状図に載せる必要はないと思います。

水資源開発公団 今回、初めて出席しましたので、公団全体では検討はしておりませんが、積算と掘進時
間とは逆転している例が非常に多いわけです。今までの例では掘進時間は、野帳に取っているもので、
これは入れていないという状況です。

桑原 今の報告をまとめますと、記入の必要はないというのが大半で、一部の地建で掘進の実態を知るた
めに必要であるという意見のようです。大勢は日報・野帳に記入しておくというような御意見だった
と思います。

平野 今の議論は掘進時間だけについてでしょうか。それとも掘進月日、給圧なども含めた議論だったの
でしょうか。

桑原 今の議論は掘進時間の話です。

藤田部長、柱状図を使う立場からの御意見をいただきたいのですが。

藤田 確かに野帳などで後で調べられますが、掘進月日は入れておいていただきたいと思います。

九州地建 掘進時間はあってもなくても良いと思いますが、月日は入れておいた方が良いでしょう。

桑原 掘進時間は削除したいと思います。

他に御意見ございますか。

質問 岩級区分は1本1本のボーリングの段階で、業者が判断して記入するのか、総合的に調査をして後
から記入するのか、どちらでしょうか。それと、孔内水位は変動のないときに毎日計りますと、用紙
が真っ黒になりますので書き方に工夫が必要です。

桑原 岩級区分は必ずしも初期の段階からきちんとしたものがないということ、ボーリング会社によって異なってくるということもありますが、いろいろな業務に必要なことが多いので、欄はもうけておきたいと思います。記入方法につきましては、事例等を示しておきたいと思います。

質問 岩級区分は場合によっては、最初は入れないで後から記入しても良いということを書いておいていただきたい。

質問 ボーリング柱状図をどの時期に使うのかという問題があると思います。ダムに話を限りますと、コアが1000 m、2000 mになり、コアを見たいときに非常に出しにくくなります。そこで、柱状図から判断しようということになるのですが、どうして今まであまり柱状図が使われていなかったかという、柱状図だけでは生の情報が把握できなかったからだと思います。このため、コア写真の方に工夫をしていただけないでしょうか。例えば、コア箱に入れた状態で写真を撮るのではなく、1本毎にコア形状・風化の程度が分かるように撮れないでしょうか。極端な場合には柱状図は2枚になっても良いと思います。

平野 柱状図を利用する時期は、総合的な地質解析をする時であると思います。もちろん地質解析をするときに、コアの見直しも必要だと思いますが。

質問 柱状図だけで判断するのではなく、調査中・施工中は必ず現物のコアをみながら柱状図をみているわけなのです。ですから柱状図単独である程度の判断ができるように、工夫をしていただきたいと思います。

平野 写真の件に関しましては、例として示しましたコア観察シートというものがございまして、鑑定表をつけて写真を貼りますと使いやすいと思います。それからコアを並べて、風化や亀裂の状況をコア全体でみる必要もあると思います。

質問 1本毎に写真を撮り、空欄に必要事項を記載しておくような整理はできないでしょうか。

桑原 写真の件は、もう少し工夫するよう検討したいと思います。他に岩盤の柱状図について御意見ございませんでしょうか。

質問 岩種区分はほぼこれで網羅されていると思いますが、現場の立場からみますと、よく地質図にでてきて表にないものがあります。例えば、九州によく分布している溶結凝灰岩や輝緑凝灰岩、グリーンタフ、緑色凝灰岩などがあります。これらの火砕岩類は粒度では分類できませんので、補足しておいていただきたいと思います。

コア形状、割れ目の状態につきまして、再び検討されるということですが、その時に流入粘土についての記載を加えていただきたいと思います。また、割れ目の状態は風化だけで分類してありますが、割れ目にローモンタイトや方解石のような熱水生成物が充填されている場合の記載も加えて欲しいと思います。

桑原 流入粘土や開口亀裂などの記述の仕方が非常に難しいので、このようなことになりましたので、もう少し検討させていただきたいと思います。先程の岩種区分ですが、花崗岩は一括されておりますが、例えば他に花崗閃緑岩、細粒・中粒などのように細かい分け方もあるかと思います。これらは修飾語を

つけることで表現できると考えております。

質問 コア鑑定者、ボーリング責任者を記入するようになっておりますが、鑑定者、責任者の資格に法的な位置付けはあるのでしょうか。もしないのだったら、これらは省略できないでしょうか。

桑原 特に法的なものはございません。ただ、ボーリング責任者というのは、誰が掘ったかということで、例えば同じような岩質の所を同じ人が掘っていくと、だんだん上手になっていくわけです。つまり、最初に上がらなかったコアがどんどん上がって来ることになりまして、初期と最終のコアは、同じ人が掘っていても状態が違うというようなことがありますので、責任者は入れておきたいのです。鑑定者につきましても、初めての人が鑑定するのか、長くやっている人が鑑定するのかで、かなり判定の基準等が違いますので、これが分かるように書いております。

質問 わかりました。

大木 今のコア鑑定者とボーリング責任者ですが、現場では問題はないと思いますが、少し問題があるだろうと思いますので、検討させて下さい。

桑原 次に土質ボーリングの方の御意見をお願いいたします。これはほぼ土質工学会のものに準じている訳ですが、岩盤ボーリングと重複しない部分について御意見をお願いいたします。

質問 互層の柱状図での表現はどのようになっているのでしょうか。

桑原 斜め線と点線で表現することになっております。

平野 互層が問題になるのは、10cm以下位の互層で表現できない場合でしょうか。それ以上だったら記入できると思います。

質問 圧密などは1cm以下の砂層でも起りますから、この意味では混りと互層の扱いは別にすべきだと思います。

桑原 混りと互層は明確に分けてあります。土質工学会の分類をみていただければよろしいかと思います。

先程、藤沢室長から御意見も出たのですが、写真の整理の仕方について何かございませんか。

質問 見本の写真の貼り方の原案をもう少し詳しく説明してほしいのですが。

平野 写真のサイズをサービスサイズにしまして、写真のサイズに合わせて、柱状図をゼロックス等で拡大・縮小いたします。そして、柱状図のわきに写真を貼付するものです。今までのコア写真集は、写真だけが貼ってありまして、柱状図と対比するときに写真集と柱状図の2冊を用意しなければなりませんでした。ところが、このようにしますと記事と写真とが対応できて使いやすいただろうと思います。

質問 柱状図が2枚になる訳ですね。

平野 実質的にはそういうことです。

質問 コアの径が50mm以下のものだけ、コア箱の長さを103cmにすることというように読めるのですが、これは説明の書き方を慎重にしていきたいと思います。

平野 わかりました。

質問 最初のコア箱のふたの裏に、位置図、平面図等をつけることにしてはどうでしょうか。

平野 そのようなものを貼る空間を空けておけば良いと思います。

桑原 位置図等を貼付することは、良いことだと思いますので検討させて下さい。

コア箱の話になって参りましたが、コア箱の長さを 100 cm から 103 cm にすることについて、御意見をいただきたいと思います。

質問 業者はこれについてどのようにいっておりますか。

桑原 1, 2 例聞きましたが、値段的にはほとんど変わらないので、長さについては良いということです。ただ、今までに作ってあるコア箱をどうするかということが問題のようです。

質問 土質調査のコアもコア箱に全部入れるのですか。

桑原 N 値用のコアは普通、コアサンプルに入れるようになっており、これが守られています。それ以外に図にあるような無水掘りで残ったコアがありますが、これはこのように整理して下さいということになります。しかし、必ずしも全部このようにするというものではありません。

質問 コア写真はゼロックスした柱状図に貼るのですか。ゼロックスですとあまり鮮明でなく、意味がないのではないかという気がします。

桑原 実は柱状図は 2 枚書いてもらおうかと思ったのですが、2 枚書くと繁雑になるので、手間を省くためにゼロックスにしたのです。

平野 柱状図を 2 枚書きますと、写真の拡大・縮小をしなければならなくなり難しくなってきます。

質問 仕切り板に 10 cm 毎の標尺を入れることになっていますが、内寸法で長さ 103 cm の場合、どこから標尺を入れるかを決めておく必要があると思います。

桑原 今のところ、103 cm を 10 等分することを考えております。3 cm の $1/10$ は 3 mm 程度ですので、だいたいマジックの太さ程度になってしまい問題はないと思います。

質問 ビニールチューブでサンプリングしてきた時のコア写真は、チューブをはずして撮るのですか。

桑原 写真はビニールをはずして撮ります。

質問 スレーキングを起こすようなコアは、カバーをしておけということですが、スレーキングを起こさせてもかまわないのではないですか。ほうっておけばこのようになるという見本ということで。

桑原 一部のコアについては、スレーキングしやすい部分は、カバーをして取っておいて下さいということです。

最後にコア箱の長さを 103 cm にするという件に関して、コアをカッターで切る事を前提にしている訳ですが、この点に関して如何でしょうか。

質問 電源の問題があると思いますが。

平野 電源はボーリング現場ですから、当然あると思います。発電機などがあると思います。

質問 普通、発電機は水を上げる所までしか持ってきていないのではないのでしょうか。

桑原 一番小さい発電機で容量はだいたい足りるはずですから、現場に発電機を持ってきていただきたいということにしたいと思います。

さて、そろそろ時間も参りましたので、この辺で終りたいと思います。本日は長時間にわたりありがとうございました。

第19回地質担当者会議資料

I S S N 0386-5878

昭和61年3月(1986)

地質研究室

桑原啓三・芥川真知

中村康夫・平野 勇

要旨 昭和60年12月13日に開催された第19回地質担当者会議で行われた講演のうち以下のものが収録されている。

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. 特別講演 | 2-2 共通仕様書、指針、基準等の問題点 |
| 1-1 土木における地質調査のあり方 | 2-3 指針基準等の検討—ボーリング— |
| 2. 一般講演 | |
| 2-1 第四紀質層調査 | |

キーワード：地質調査・第四紀断層・共通仕様書・基準・指針・ボーリング・柱状図・地質担当者会議

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

地質研究室 行

No. 73

No. 73

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2326号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印